

# Ohjelmoitavan logiikan uusiminen opetuspaperikoneeseen

Henrik Nordman

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013

Paperikoneteknologian koulutusohjelma  
Teknologia



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) NORDMAN, Henrik	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 30.05.2013
	Sivumäärä 45	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi Ohjelmoitavan logiikan uusiminen opetuspaperikoneeseen		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) FONSELIUS, Jaakko STRÖM, Markku		
Toimeksiantaja(t) Fiber-X AB		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli uusia ohjelmoitava logiikka paperikoneeseen. Fiber-X AB:n paperikoneessa, PMXp, ohjelmoitavalla logiikalla ohjataan kuivatusosan lämmitettävien sylintereiden lämmityselementtejä. Toisena tavoitteena oli tehdä monipuolinen valvomonäyttö, josta kävisi ilmi erilaisia paperin valmistuksen kannalta tärkeitä mittaustietoja eri puolita paperikonetta. Tältä näytöltä ei kuitenkaan operoitaisi mitään paperikoneen toimintoja.</p> <p>Työssä valittiin uusi ohjelmoitava logiikka, tilattiin logiikka ja ohjelmoitiin se, sekä asennettiin uusi logiikka käyttökohteeseen.</p> <p>Työn tavoitteet täyttyivät hyvin, vaikka ihan kaikkia näytölle tulevia mittauksia ei saatu skaalattua täydellisesti ja kahden paineen mittauksen signaalia ei saatu tulemaan logiikalle. Nämä seikat olivat kuitenkin koneen toiminnallisuuden kannalta mitättömiä, koska kyseiset mittaukset eivät osallistu mihinkään säätöön ja tämän vuoksi työn voidaan sanoa onnistuneen lähes täydellisesti.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Beckhoff, TwinCat, ohjelmoitava logiikka, paperikone, kuivatusosa, lämmitysten ohjaus, Fiber-X Ab, peukalopyörä		
Muut tiedot		



Author(s) NORDMAN, Henrik	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 30052013
	Pages 45	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title REPLACEMENT OF THE PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER FOR THE EDUCATIONAL PAPER MACHINE		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) FONSELIUS, Jaakko STRÖM, Markku		
Assigned by Fiber-X Ab		
<p>Abstract</p> <p>The aim of the bachelor's thesis was to replace the programmable logic controller for a paper machine. The function of the programmable logic controller in this paper machine is to control the heaters of the heated cylinders in the dryer section. All the other sections of this paper machine, called PMXp, are controlled manually. The other aim of the bachelor's thesis was to create a versatile control room display. Several measurements from different parts of the paper machine are shown on the control room display. These measurements are the most important values in the paper making process. The purpose is not to operate any actions of the paper machine with the control room display.</p> <p>The new programmable logic controller was chosen, programmed and installed to the paper machine which is owned by Fiber-X Ab. The aims of the thesis were achieved well. There were some problems with the analog signals and all of them were not displayed perfectly on the control room display. These problematic measurements are not taking part in any controls so these problems were insignificant for the running of PMXp.</p>		
Keywords Beckhoff, TwinCat, Programmable logic control, paper machine, drying section, controlling of heaters, Fiber-X Ab, thumbwheel		
Miscellaneous		

## Sisältö

1. Fiber-X Ab:n toiminta ja tarpeet .....	3
2. Lähtötietoja logiikan uusimista varten .....	4
3. Työn toteutus .....	6
3.1. Laitteiston valinta .....	6
3.2. Beckhoff 5010-logiikan ohjelmointi .....	10
3.3. Asennustyö .....	19
3.3.1. Vanhan laitteiston purkaminen.....	19
3.3.2. Beckhoff CX 5010-logiikan asentaminen .....	19
4. Loppupäätelmät.....	24
Lähteet.....	28
Liitteet	
Liite 1. I/O luettelo	
Liite 2. Uuden logiikan konfigurointi	

## Kuviot

Kuvio 1. Fiber-X Ab:n paperikone PMXp.....	3
Kuvio 2. Vanha ja uusi logiikka. Vanha Asea Novatune 850 vasemmalla ja uusi Beckhoff CX5010 oikealla.....	5
Kuvio 3. Peukalopyörät ja sylintereiden lämpötilat paneelissa. ....	8
Kuvio 4. Koodikytkinten kytkentä logiikkaan. ....	9
Kuvio 5. Peukalopyöräkytkimien numeroiden selvittäminen ohjelmassa. ....	12
Kuvio 6. Yhden sylinterin sisällä olevat lämmittimet ja niiden kytkentäryhmät. ....	14
Kuvio 7. Lämmitysryhmien päälläoloajan valinta ohjelmakoodissa.....	16
Kuvio 8. Viiran nopeuden skaalaus. ....	17
Kuvio 9. Valmis valvomonäyttö. ....	18

Kuvio 10. Lämpötilamittausten kytkentä. Vasemmalla näkyy vanha kytkentä, keskellä kytkentä, jossa viisareilla virheellinen näyttämä, oikealla lopullinen, toimiva kytkentä. ....	20
Kuvio 11. Takogeneraattorin jännitteen alentaminen. ....	23

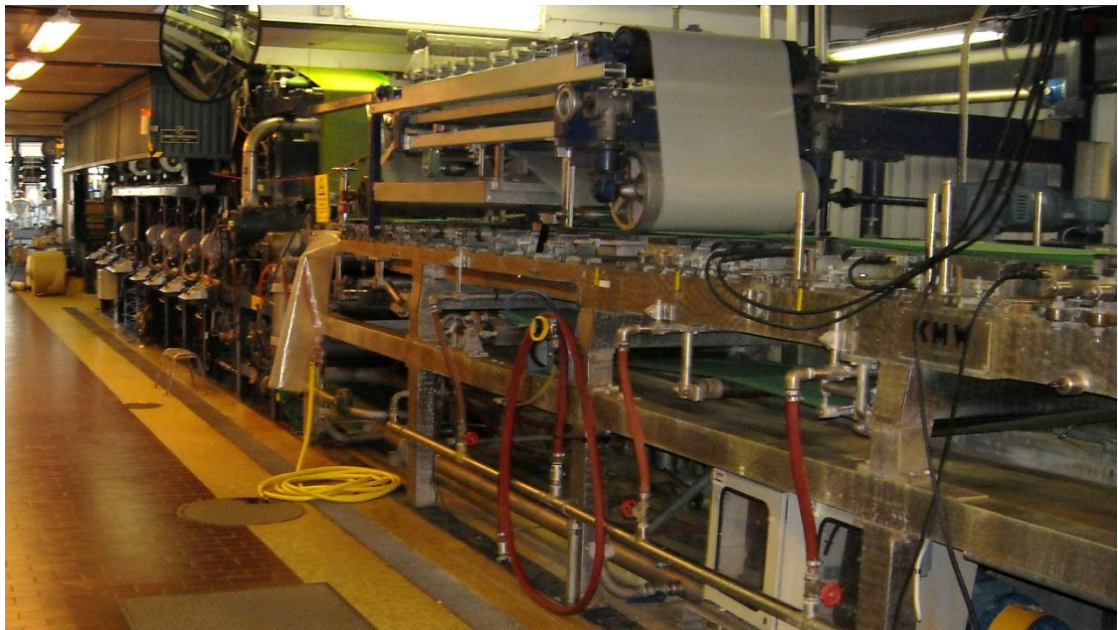
## Taulukot

Taulukko 1. Lämmittimien kytkentä laskennallisen lämmitysajan perusteella. ....	15
---	----

## 1. Fiber-X Ab:n toiminta ja tarpeet

Fiber-X AB on Etelä-Ruotsissa, Markarydissa sijaitseva yritys, jonka palveluita ovat paperintekijöiden kouluttaminen, erilaisten paperilaatujen tutkiminen ja kehittäminen sekä paperinvalmistusmenetelmien kehittäminen. Yrityksellä on omistuksessaan kaksi paperikonetta, joista toinen, PMXp, on toiminnassa. PMXp:n viiran leveys on 50 cm ja maksiminopeus noin 60 m/min. (Sojakka 2012b)

Yrityksen paperikoneessa on tasoviira, yläviira, kaksinippinen puristinosa, yhdellätoista lämmitettävällä sylinterillä varustettu kuivatusosa, konekalanteri ja rullain. (Ks. kuvio 1) Konetta ajetaan pääasiassa manuaalisesti, mutta kuivatusosan sylintereiden lämmityksestä vastaa ohjelmoitava logiikka, jonka uusiminen on opinnäytetyön aiheena.



Kuvio 1. Fiber-X Ab:n paperikone PMXp.

PMXp:n ajaminen tapahtuu täysin manuaalisesti lukuun ottamatta ohjelmoitavan logiikan ohjaamaa kuivatusosan sylintereiden lämmittämistä. Paperikone on valta-akselikäyttöinen eli sen kaikkia osia käytetään yhdellä päämoottorilla. Päämoottorin nopeutta ohjataan valvomosta potentiometrillä. Moottorin nopeus näkyy valvomon paneelissa osoitinnäytössä, joka toimii nopeussäädön ta-

kaisinkytkentänä. Muita valvomosta ohjattavia toimintoja ovat neliömassaventtiilin asento ja yläviiran nopeus. Myös perälaatikon syöttöpumppujen pyörimisnopeus on aiemmin ollut säädettävissä valvomosta, mutta ohjaimet eivät tällä hetkellä ole käytössä ja pumppujen nopeudet säädetään taajuusmuuttajista läheltä pumppujen sijaintia. Jauhinten säädöt tapahtuvat niin ikään taajuusmuuttajilta. Kaikki muut koneella olevat pumpput ja moottorit käynnistetään sähkökaappien oviin asennetuista kytkimistä muualta kuin valvomohuoneesta. Kaikki PMXp:n venttiilit, paitsi neliömassaventtiili, ovat käsiventtiileitä ja niitä voidaan säätää ainoastaan käsin. Käsiventtiileihin ei ole myöskään asennettuna mitään asema-antureita.

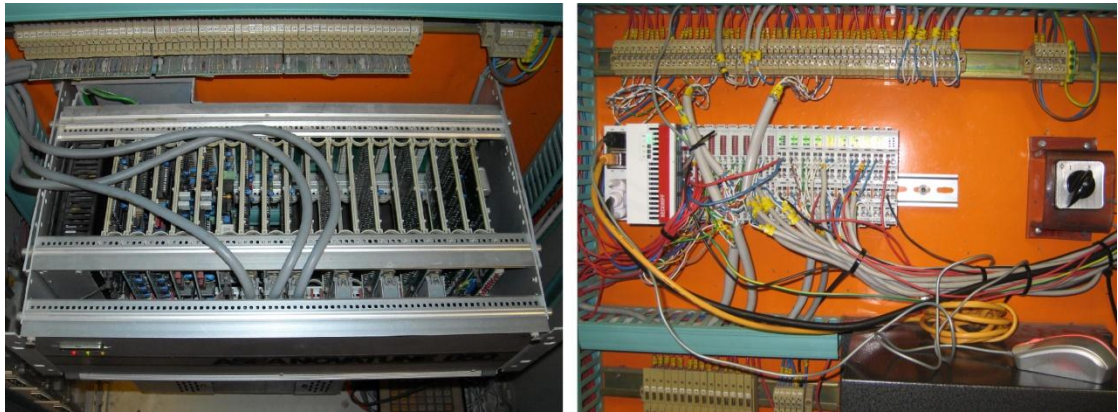
Kuivatussylintereiden lämmityksien ohjaamisen lisäksi tavoitteena oli rakentaa informatiivinen valvomonäyttö, jossa näkyy virtausmittauksia, säiliöiden pinnan korkeuksia ja muita koneen ajamisen kannalta olennaisia tietoja eripuolilta konetta. Suurin osa näistä mittauksista oli luettavissa mittalaitteiden omilta näytöiltä heti mittauspaikan läheisyydessä, mutta mittalaitteiden pitkien välimatkojen vuoksi, on kokonaisuuden hahmottaminen hankalaa. Tämän vuoksi paperin valmistuksen ja laadun kannalta tärkeimmät mittaustiedot haluttiin nähdä keskitetysti yhdestä paikasta.

Toimeksiantaja halusi uusia ohjelmoitavan logiikan, koska entinen logiikka, Asea Novatune 850, oli vanha, eikä siihen ole saatavana enää varaosia tai tietokoneohjelmia uudelleenohjelmointia varten.

## **2. Lähtötietoja logiikan uusimista varten**

Fiber-X Ab:n paperikonetta ajetaan pääasiassa käsin. Koneen eri osissa on erillisiä säätöpiirejä, kuten paineen säätöjä ja neliömassaventtiilin säätö, jotka eivät ole riippuvaisia toisistaan ja niitä ohjataan vain paikallisesti. Lämmityssylintereiden lämmitystehoa on aiemmin säätänyt ohjelmoitava logiikka, Asea Novatune 850, joka tässä työssä vaihdettiin uuteen, Beckhoff CX5010 logiikkaan. (Ks. kuvio 2) PMXp:n kuivatusosa on alun perin sisältänyt kymmenen

lämmitettävää sylinteriä ja yhden jäähdytysylinterin. Tämä viimeinen jäähdytysylinteri on myöhemmin muutettu lämmitettäväksi sylinteriksi ja alun perin saatujen tietojen mukaan sylinterin lämmityksiä ohjasi muiden sylinterien tapaan Asea Novatune 850 logiikka.



Kuvio 2. Vanha ja uusi logiikka. Vanha Asea Novatune 850 vasemmalla ja uusi Beckhoff CX5010 oikealla.

Sylintereiden lämmitys on toteutettu halogeenilampuilla. Jokaisen sylinterin sisällä on yhdeksän kahden kilowatin lämmitintä ja näin ollen alun perin kuiva- tusosan sylintereiden lämmitysten kokonaisteho on ollut 180 kW. Alustavien tietojen mukaan jäähdytysylinterin muuttaminen lämmitettäväksi ei nostaisi kokonaislämmitystehoa. Toimeksiantajan mukaan lämmittimet oli jaettu kolmeen ryhmään ja silloin käsitys oli, että jokainen ryhmä sisältäisi kolme lämmitintä – yhteensä 6 kW/ryhmä. Takaisinkytkentänä lämmityssäädössä käytetään sylinterin pinnan lämpötiloja ja lämmitystehon suhteita säädetään peukalopyörillä, jotka ovat BCD-kytkimiä.

Vanhan logiikan ohjelmalliseen sisältöön ei päässyt kiinni nykyisillä tietokoneilla ja näin ollen oli tutkittava ohjelmakoodia tulosteiden perusteella, jotka olivat onneksi säilyneet hyvinä ja selkeinä lukuun ottamatta dokumentteja, jotka olivat lisätty kansioihin jälkeempään. Jälkeempään lisätyistä dokumenteista oli hankala saada selvää, mihin ne liittyivät.

PMXp:n valvomohuoneessa oli aiemmin ollut käytössä valvomonäyttö, josta on näkynyt erilaisia arvoja eripuolilta paperikonetta. Näytöltä ovat näkyneet mm. säiliöiden pinnankorkeudet, virtausmittauksia, alaperälaatikon sakeusmittaus, neliömassaventtiilin asematieto sekä muita paperin teon kannalta olen-



naisia tietoja. Nämä tiedot haluttiin myös näkyville ja käytin vanhaa valvomonäyttöä apunani logiikan I/O määrän laskennassa ja uuden valvomonäytön suunnittelussa.

Työn edetessä kävi ilmi, että kaikki lähtötiedot eivät pitäneet täysin paikkaansa ja näin osa tehdyistä johtopäätöksistä oli myös virheellisiä. Tämä aiheutti hieman ongelmia asennusvaiheessa.

### **3. Työn toteutus**

Työ aloitettiin tekemällä karkea suunnitelma työn etenemisestä. Suunnitelman mukaan ensin oli valittava tarkoitukseen sopiva laitteisto, keskusteltava hinnoista toimeksiantajan kanssa ja tilattava laitteet. Sen jälkeen oli kirjoitettava logiikan ohjelmat entisen logiikan ohjelmia vastaaviksi ja lopuksi oli asennettava uusi, ohjelmoitu logiikka paikalleen, kytkeä se toimintaan ja testattava toiminta paperikoneella.

#### **3.1. Laitteiston valinta**

Fiber-X AB:lle oli aiemmin tehty oppilaitoksestamme projektityö, jossa oli ehdotettu käytettäväksi Siemens S7-315 logiikkaa. Tämä logiikka olisi vastannut yrityksen tarpeita hyvin ja siinä olisi ollut hyvät laajennusmahdollisuudet lisäautomatisointia varten, jota toimeksiantaja piti myös tärkeänä ominaisuutena laitteistolle.

Toimeksiantajalla oli myös tiedossa yksi opetuskäytössä ollut ABB:n logiikka, jonka hän ajatteli ostavansa itsellensä. Tämän logiikan kanssa ongelmaksi tuli kuitenkin se, että vaikka tekniikka oli jo paljon uudempaa kuin yrityksellä käytössä olleessa Asean logiikassa, on sen varaosien saatavuus jo huomattavasti hankalampaa, kuin nykyään myytävissä malleissa. Myös ohjelmointiohjelmiston saatavuus tähän ABB:n logiikkaan oli kyseenalaista. (Sojakka 2012a) Logiikkavaihtoehdoista keskusteltiin puhelimitse ja sähköpostin välityksellä Heik-

ki Sojakan kanssa ennen ensimmäistä vierailua Fiber-X AB:ssä. Heikki Sojakka selvitti asiaa Ruotsissa käyttäen apunaan tuntemiaan henkilöitä ja asiantuntijoita ja opinnäytetyön tekijä yritti selvittää, onko hänen ehdottamansa laitteet mahdollisia ohjelmoida ja saako niihin ohjelmointityökaluja.

Sojakalle suositeltiin lämpimästi myös Beckhoffin logiikoita, jotka osoittautuivat isompia merkkejä edullisemmiksi ja kuitenkin suoritusteholtaan täysin riittäviksi vaihtoehtoiksi. Ruotsalainen Beckhoffin aluemyyntipäällikkö, Jon Larsson, oli vieraillut Markarydissä Fiber-X Ab:ssa, joten hän oli nähnyt paperikoneen. Larssoniin oltiin yhteydessä ja kysyttiin hänen suosituksiaan laitteistosta. Larsson suositteli käytettäväksi Beckhoff C6920 teollisuus PC:tä, jolla olisi toteutettu sekä lämmityssylintereiden ohjaus, että tiedonkeruu mittauksista. Tällä järjestelmällä kaikki mittaustiedot ja käyrät olisi saatu tallennettua ja tulostettua helposti. (Larsson 2012)

Jyväskylän Ammattikorkeakoulun lehtoreiden kanssa käydyissä keskusteluissa nousi selvästi esille, että teollisuus PC:n käyttäminen ei ole tässä sovelluksessa järkevää, sillä järjestelmän kaatuessa tulisi koko PC uusia ja se tulisi kalliiksi ja olisi liian riskialtista. (Rantapuska, Häkkinen 2012) Lisäksi tällainen teollisuus PC olisi ollut tähän käyttöön turhan tehokas järjestelmä.

Beckhoffin tarjoamiin muihin vaihtoehtoihin tutustuttiin internetissä ja Tekniikkamessuilla Jyväskylän Paviljongissa. Messuilla ja verkkosivuilta saatujen tietojen perusteella päätettiin ehdottaa valittavaksi logiikaksi perinteisempää sulautettua ohjelmoitavaa logiikkaa, Beckhoff CX5010:aa, ja siihen riittävää määrää I/O kortteja.

I/O korttien määrän laskennassa käytettiin hyväksi aiemmin käytössä ollutta tietokonenäyttöä ja Asea Novatunen ohjelmointidokumentteja. I/O määrän laskemiseksi oli selvitettävä peukalopyörien toiminta ja niiden kytkentä logiikkaan. Peukalopyörät ovat BCD kytkimiä ja vanhassa logiikassa niitä luettiin erillisillä BCDI- korteilla, joita ei nykyisin enää ole saatavilla. Näin ollen oli sovellettava tavallisia digitaalisia I/O kortteja peukalopyörien arvojen lukemiseksi logiikkaan.

BCD (binary coded decimal) on numerojärjestelmä, jossa kymmenjärjestelmän desimaaliluvut muutetaan kaikki erikseen binäärisiksi luvuiksi. 4- bittisessä binäärisessä lukujärjestelmässä voidaan esittää 16 eri lukua (luvut 0-15), mutta koska koodikytkimissä on vain luvut 0-9, tarvitaan binäärikoodista vain 10 ensimmäistä lukuarvoa. (Digitaalitekniikka 2003) PMXp:n lämmityssylinterien tehon säätämiseksi jokaiselle sylinterille on kolmenumeroiset peukalopyörät, joilla saadaan valittua kokonaisluvut välillä 000-999. (Ks. Kuvio 33)

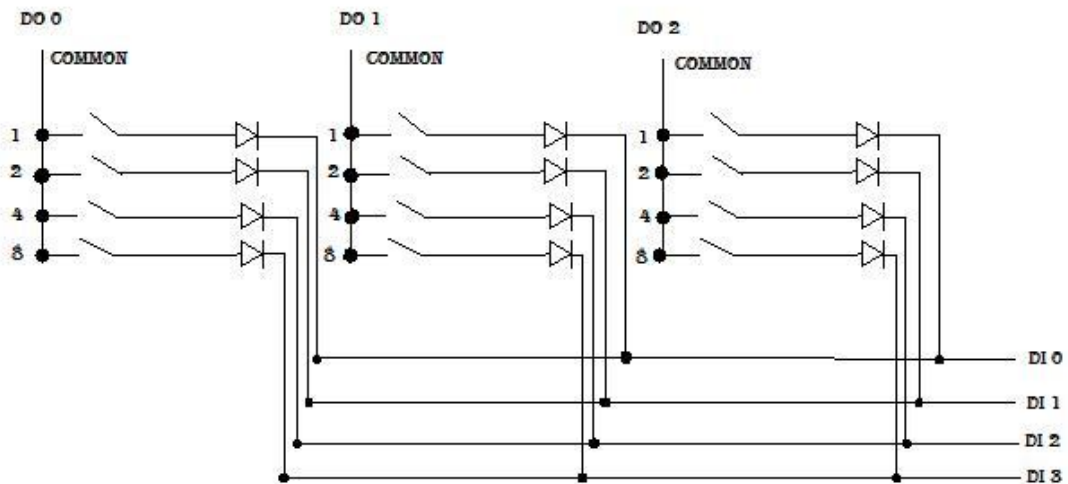


Kuvio 3. Peukalopyörät ja sylinterien lämpötilat paneelissa.

Lisäksi peukalopyörillä säädetään lämmityksen kokonaistehoa ja kosteuden asetusarvoa, kun automaattinen kosteuden säätö on käytössä.

Aikaisemmin käytössä olleen logiikan BCDI-korttien teknisistä tiedoista kävi ilmi, että kortti luki peukalopyörien lukuarvot yksi kerrallaan ja ohjelmakoodissa määriteltiin, mistä kanavista peukalopyörien luvut luetaan. (Asea Novatune 850 Manual 1985) Tämän takia helpoin ratkaisu oli lukea kaikkia koodikytkimiä neljällä tulolla ja kytkeä jokaisen kytkimen common-napa

omaan digitaaliseen lähtöön. Tällä tavalla voidaan lukea jokainen kytkimen numero laittamalla lähtöjä päälle yksi kerrallaan. (Katso kuvio 4, jossa on esitetty kolmen koodikytkeyden kytkentä logiikan lähtöihin ja tuloihin.)



Kuvio 4. Koodikytkeyden kytkentä logiikkaan.

Lisäksi tarvittiin vielä digitaaliset lähdöt sylintereiden lämmityksille, joita oli alustavien tietojen mukaan 33. Vierailun aikana otetuista kuvista näkyi ohjauspultissa olevan neljä merkkilamppua jokaista sylinteriä kohden, joten lämmityksiin varattiin 44 lähtöä. Yhden "ylimääräisen" merkkivalon oletettiin olevan kyseisen sylinterin lämmitysten pääkytkimen merkkilamppu.

Analogisten tulojen määrä laskettiin aiemmin käytössä olleesta tietokonenäytöstä ja siihen lisättiin sylintereiden lämpötilojen mittaukset ja käyttäjän haluan viiran nopeuden. Kaikki koneeseen asennetut mittalaitteet antavat ulostulona virtaviestiä, 4-20 mA. Viiran nopeuden mittaamiseksi käytössä oli kuitenkin vain takometrilta tuleva jännite (0-150 V), joten sitä varten oli logiikkaan varattava jännitesisäänmeno 0-10 V ja jännitteen saamiseksi samaan skaalaa, oli asennettava esivastukset. Lisäksi varattiin muutamia ylimääräisiä tuloja ja lähtöjä sekä digitaalisiin, että analogisiin kortteihin.

Yhteensä kortteja tuli

- 1 kappale 8 -kanavaisia digitaalisia tulokortteja, EL1008,
- 6 kappaletta 16 -kanavaisia digitaalisia lähtökortteja, EL2809,
- 8 kappaletta 4 -kanavaisia analogisia tulokortteja (4-20 mA), EL3054,

- 1 kappale 1 -kanavaisia analogisia tulokortteja (0-10 V). EL3061.

Laitteiston kokonaisuuden hahmotuttua, laitteet voitiin tilata ja ohjelmointi voitiin aloittaa. Laitteiden toimitusta ei tarvinnut odottaa ohjelmoinnin aloittamiseksi, sillä ohjelmointityökalu simulointimahdollisuuksineen oli ilmainen ja ladattavissa Beckhoffin internet -sivuilta. Ohjelmointiohjelmanä oli TwinCAT 2.

### 3.2. Beckhoff 5010-logiikan ohjelmointi

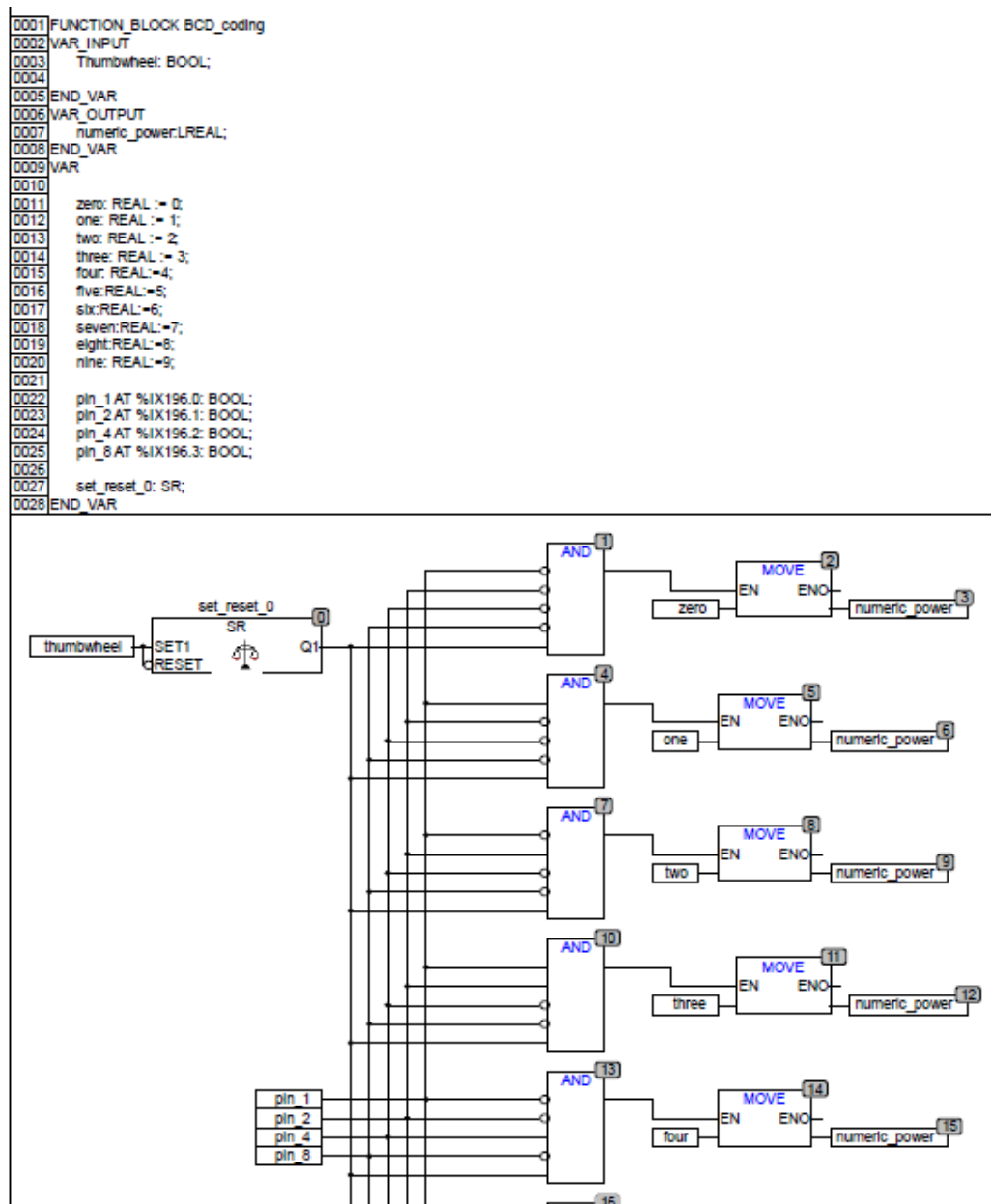
TwinCAT 2 on Beckhoffin logiikoiden ja teollisuus PC- laitteiden ohjelmointiohjelma. Ohjelmalla voidaan luoda laitteistosta ja käyttötavasta riippuen myös valvomonäyttö. Tämä tarkoittaa sitä, että itse logiikka pyörittää myös valvomoa, jota voidaan käyttää joko liittämällä näyttö, hiiri ja näppäimistö tai kosketusnäyttö suoraan logiikkaan tai vaihtoehtoisesti tarkastella ja ohjata valvomoa etätyöpöytäyhteydellä, kun logiikka on liitetty verkkoon Ethernet-kaapelilla. Valvomo olisi voitu toteuttaa myös kolmannen osapuolen erillisellä valvomo-ohjelmalla käyttämällä OPC -rajapintaa, mutta tämä olisi edellyttänyt ainakin kahden uuden lisenssin ostamista. (Lepistö 2012) TwinCat valvomon katsottiin riittävän mainiosti tähän sovellukseen. Sovellukseen valitussa logiikassa on DVI-D- liitin näytölle sekä 4 USB-porttia hiirtä, näppäimistöä tai erillisiä massamuistilaitteita varten.

Beckhoffin ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielinä käytetään standardissa IEC 61131-3 määriteltyjä ohjelmointikieliä. Käytettävän ohjelmointikielen voi valita jokaiseen ohjelmalohkoon erikseen. Tässä työssä käytettiin pääohjelmassa kielenä FBD (function block diagram) -kieltä ja ohjelmalohkoissa CFC (continuous function chart) -kieltä. CFC- kieli ei kuulu standardin IEC 61131-3 määrittelemiin kieliin, mutta on hyvin ymmärrettävissä, jos hallitsee standardin määrittelemät kielet, sillä CFC- kieli on laajennos FBD- kielestä. (Pösö 2010, 7)

TwinCAT ohjelmistossa käytetään ohjelmoinnissa parametreja, jotka voivat olla globaaleja tai paikallisia. Globaalit parametrit voidaan lukea missä ohjelmalohkossa tahansa ja paikalliset parametrit ovat käytössä vain siinä lohkos-

sa, jossa ne on luotu. Tässä työssä parametrien käytöstä oli erityisen suuri hyöty, kun ohjelmassa suoritettiin useita kertoja samoja toimintoja esimerkiksi peukalopyörien tilaa lukiessa. TwinCAT -ohjelmistolla on mahdollista rakentaa ohjelma ilman absoluuttiosoitteita. Tällöin tuloja ja lähtöjä käsitellään parametrien tavoin ja nämä parametrit linkitetään konfiguroinnin yhteydessä oikeisiin kortteihin ja kanaviin. (Kuusisto 2008, 52–54) Tämä ominaisuus on mielestäni erittäin hyvä silloin, kun ohjelma tehdään ennen laitteiden hankintaa. Ohjelman tekijän ei tarvitse näin ollen myöskään määritellä käytettäviä osoitteita ohjelman yhteydessä vaan ohjelmisto määrittelee osoitteet tuloille ja lähdöille automaattisesti. Tällä tavoin myös tarvittaessa lähdön tai tulon vaihtaminen toiseen on yksinkertaisempaa eikä itse ohjelmaan tarvitse tehdä muutoksia.

Peukalopyörien lukemiseen tehtiin yksi ohjelmalohko, jossa selvitettiin, mikä luku on valittuna ja siirrettiin sen mukaan vastaava numeroarvo lähtevään muuttujaan ja sitä kautta pääohjelmassa muistipaikkaan. (Ks. kuvio 5) Kutsuamalla tätä samaa ohjelmalohkoa saatiin siirrettyä kaikkien peukalopyörien numeroarvot muistipaikkoihin. Lisäksi arvot piti vielä laskea yhteen, jotta niistä tulisi vastaavia kolmenumeroisia yhdistelmiä, kuin itse kytkimissä on. Myös tämä toteutettiin yhdellä ohjelmalohkolla, jota kutsuttiin pääohjelmassa riittävän monta kertaa. Kosteuden asetusarvo valitaan koneella myös peukalopyörällä, mutta siinä käytetään lukumuotoa  $xx,x\%$ , joten tämän numeroyhdistelmän selvittämiseksi oli tehtävä oma ohjelmalohko yhteen laskennan osalta.



Kuvio 5. Peukalopyöräkytkimien numeroiden selvittäminen ohjelmassa.

Kun peukalopyörrien numeroarvot oli saatu luettua logiikkaan, oli tehtävä ohjelmalohko, jossa varsinainen lämmitysteho laskettiin. Sylinterikohtaisilla peukalopyörillä valitaan suhteellinen lämmitysteho kullekin sylinterille. Esimerkiksi jos sylinterille 7 on valittu suhteelliseksi lämmitystehoksi 20 ja sylinterille 8 on valittu 18 ja kaikkien sylintereiden suhteellisten tehojen summa on 100, on todellinen lämmitysteho sylinterillä 7 tällöin 20 % valitusta kokonaistehosta ja sylinterin 8 lämmitysteho on vastaavasti 18 % valitusta kokonaistehosta. (Ks. Kuvio 33 sivulla 7 **Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt..**)

Lopullinen sylinterikohtainen lämmitysteho lasketaan ohjelmassa seuraavan kaavan mukaisesti:

$$P_{xkW} = \frac{P_x}{P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6+P_7+P_8+P_9+P_{10}+P_{11}} * P_{tot}, \text{ jossa}$$

$P_{xkW}$  = sylinterin X lämmitysteho kilowatteina

$P_x$  = sylinterin X suhteellinen lämmitysteho [%]

$P_1...P_{11}$  = sylinterin 1...11 suhteellinen lämmitysteho [%]

$P_{tot}$  = kokonaislämmitysteho [kW], suurin mahdollinen arvo on 180 kW.

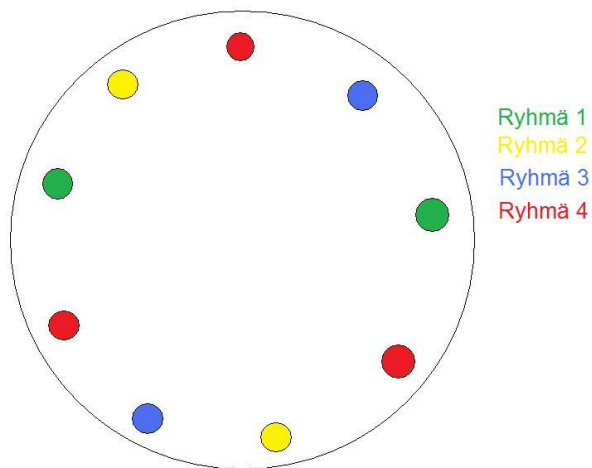
Kokonaistehon rajoitus on toteutettu ohjelmassa siten, että kokonaisteholle valitun arvon ollessa enemmän kuin 180, kokonaistehoksi valitaan 180 kW.

Nämä teholaskennat toteutettiin kaikki samassa ohjelmalohkossa laskenta-kaavan yksinkertaisuuden vuoksi. Samaan lohkoon tuli myös PI-säädin, joka säättää tarvittaessa kokonaislämmitystehoa kosteuden mukaan. Kosteuden asetusarvo valitaan peukalopyörillä ja kosteussäätö saadaan päälle kytkimestä peukalopyörän vierestä. Käytettäessä automaattista kosteuden säätöä suhteelliset lämmitystehot valitaan edelleen peukalopyöristä jokaiselle sylinterille, mutta kokonaislämmitysteho määräytyy tässä asennossa automaattisesti välillä 0-180 kW. Säätimen säätöparametrit on alustavasti asetettu arvion perusteella, koska säätöä ei ollut mahdollista testata käyttöönoton yhteydessä kosteusmittauksen puuttuessa koneelta. Säädin voidaan virittää lopullisesti, kun kosteusmittaus on asennettu koneelle.

Alustavien tietojen mukaan, jokaisen lämmitettävän sylinterin sisällä oli kahden kilowatin lämmittimiä kytkettynä kolmeen ryhmään siten, että yhden sylinterin kokonaistehoksi tulisi 18 kW. Tällä perusteella logiikka ohjelmoitiin kytkemään lämmitysryhmiä päälle niin, että jokainen ryhmä vastaa kuuden kilowatin lämmitystehoa. Vertailuaikana käytetään yhtä minuuttia. Jos teholaskennasta saataisiin tulokseksi yhden sylinterin lämmitystehoksi esimerkiksi kolme kilowattia, olisi tällöin kyseisen sylinterin lämmitys ryhmistä yksi päällä puolen minuutin ajan ja vastaavasti pois päältä puolen minuutin ajan. Kolmen ensimmäisen sylinterin suurin sallittu lämpötila on 100 °C ja muiden sylintereiden maksimilämpötila on 120 °C. Käyttöönoton yhteydessä kuitenkin havait-



tiin, että kunkin sylinterin sisällä oli kaikkiaan yhdeksän kahden kilowatin lämmitintä, jotka oli kytketty siten, että yhdessä ns. päätehoryhmässä oli kolme lämmitintä ja kolmessa apuryhmässä kaksi lämmitintä. (Ks. kuvio 6.) Ohjelmaa piti tämän vuoksi muuttaa, mutta periaate säilyi samana. Parametrisoinnin ansiosta muutosta ei tarvinnut tehdä kuin yhteen ohjelmalohkoon. Loppujen lopuksi logiikka kytkee päälle lämmittimiä siten, että sylinterin käyttäessä alle 12 kW tehoa, kytketään laskelmien perusteella päälle vain kahden lämmittimen ryhmiä. Jos sylinteriä halutaan lämmittää yli 12 kW teholla, otetaan käyttöön myös kolmen lämmittimen ryhmä. Ohjelman toteutuksessa pyrittiin huolehtimaan siitä, ettei yhdelle kontaktorille tulisi kytkentöjä alle neljän sekunnin välein. Lisäksi ohjelmaan lisättiin, joka vaihtaa kytkettävää ryhmää viiden minuutin välein. Tämä oli kuitenkin mahdollista toteuttaa vain kolmelle teholtaan samanarvoiselle ryhmälle. Lämmitystyhmä, jossa on kolme lämmitintä, kytkeytyy joka tapauksessa huomattavasti harvemmin päälle kuin muut ryhmät, koska yli 12 kW:n tehoa tarvitaan pienempiä tehoja harvemmin. Näiden lisätoimintojen vuoksi tämä osa ohjelmasta oli ohjelmoinnin kannalta kaikkein haastavin.



Kuvio 6. Yhden sylinterin sisällä olevat lämmittimet ja niiden kytkentäryhmät.

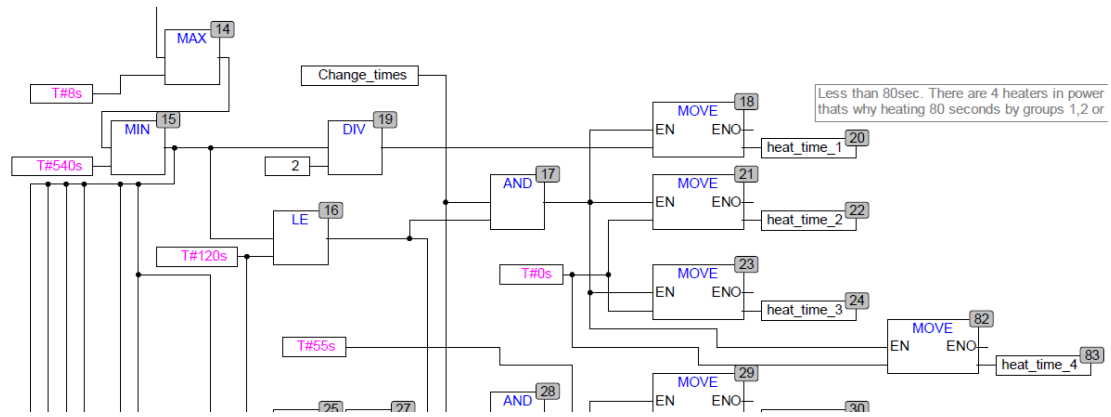
Kunkin sylinterin lämmitysaika on laskettu seuraavasti:

$$\begin{aligned} \text{lämmitysaika [ms]} &= P_{kW} * \frac{60s}{2kW} * 1000 \\ \Rightarrow \text{lämmitysaika [ms]} &= P_{kW} * 30000 \frac{ms}{kW} \end{aligned}$$

$P_{kW}$  on sylinterille laskettu teho kilowatteina. Koska ryhmissä 1, 2 ja 3 on kaksi lämmitintä ja pääryhmässä kolme lämmitintä, on laskennassa käytetty yhden lämmittimen tehoa (2 kW) ja verrattu sitä minuutin aikaan. Tästä syystä myös ryhmien päälläoloaika on jaettu ryhmään kuuluvien lämmittimien määrällä. Taulukossa 1 on esitetty lämmitysryhmien päälläoloajat. Pienin sallittu laskelmasta saatu lämmitysaika on 8 sekuntia, joka vastaa tässä tapauksessa 0,267 kW:n lämmitystehoa. Tällä on pyritty vähentämään releiden ja kontaktoreiden kytkentöjen määrää. Kuviosta 7 näkyy, miten päälläoloaikojen laskenta on toteutettu ohjelmakoodissa.

laskettu lämmitysaika	Ryhmä 1 (4kW)	Ryhmä 2 (4kW)	Ryhmä 3 (4kW)	Pääryhmä (6kW)
8 - 120 s (0 - 4 kW)	$\frac{\text{laskettu aika}}{2}$	-	-	-
120 - 130 s (4 - 4,33 kW)	55 s	$\frac{\text{laskettu aika}}{2}$ - 55s	-	-
130 - 240 s (4,33 - 8 kW)	60 s	$\frac{\text{laskettu aika}}{2}$ - 60s	-	-
240 - 250 s (8 - 8,33 kW)	60 s	55 s	$\frac{\text{laskettu aika}}{2}$ - 115s	-
250 - 360 s (8,33 - 12 kW)	60 s	60 s	$\frac{\text{laskettu aika}}{2}$ - 120s	-
360 - 380 s (12 - 12,66 kW)	60 s	60 s	50 s	$\frac{\text{laskettu aika} - 340 s}{3}$
380 - 540 s (12,66 - 18 kW)	60 s	60 s	60 s	$\frac{\text{laskettu aika} - 360 s}{3}$

Taulukko 1. Lämmittimien kytkentä laskennallisen lämmitysajan perusteella.



Kuvio 7. Lämmitysryhmien päälläoloajan valinta ohjelmakoodissa.

Ryhmiä 1, 2 ja 3 keskinäistä kytkentäjärjestystä vaihdetaan viiden minuutin jaksoissa siten, että releitä, kontaktoreita ja lämmittimiä kuormitettaisiin mahdollisimman tasaisesti. Ohjelmassa tämä on toteutettu ajastimien avulla vaihtamalla kytkettäviä ryhmiä.

Toimeksiantajan toiveena oli myös valvomonäyttö, jota varten oli logiikalle tuotava tarvittavat mittaukset koneelta. Näitä mittauksia varten oli ohjemaan lisättävä analogisten tulojen lukeminen ja skaalaaminen. Skaalattavia mittauksia olivat:

- pinnanmittaus neljästä säiliöstä
- kosteusmittaus
- neliömassaventtiilin aseman mittaus
- 4 kpl virtausmittauksia
- sylinterien lämpötilojen mittaukset
- syöttöpumppujen pyörimisnopeuksien mittaus
- alaperälaatikon sakeuden mittaus
- jauhinten virran ja tehon mittaus
- painemittaus jauhinten jälkeen
- neliömassan mittaus
- viiran nopeuden mittaus

Yleisimmät analogiakorteissa käytettävät signaalialueet ovat 0...20 mA, 4...20 mA, 0...5 V ja 0...10 V. Kaikki PMXp:lle asennetut logiikkaan liitettävät laitteet olivat ulostulosignaalialueiltaan 4...20 mA, joten logiikkaan valittiin myös tätä

signaalialuetta käyttävät kortit. Analoginen virtaviesti muunnetaan kortissa digitaaliseen muotoon. Kortin tarkkuus määräytyy siitä, mikä on sen erottelukyky eli resoluutio. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, Välimaa 1996, 110)

Tässä laitteistossa käytettiin erottelukyvyltään 12 -bittisiä kortteja. Analoginen virtaviesti muutetaan siis 12 bittiseksi binääriluvuksi, joka esitetään 16 -bittisenä CPU:lle. Tämä tarkoittaa sitä, että pienimmän ja suurimman mahdollisen arvon erotus on kokonaislukuna 65535. Tämä sama periaate on käytössä kaikissa Beckhoffin 12 -bittisissä korteissa, myös niissä korteissa, joissa mittausalue on nollan alapuolella (esim. -10 – 10 V). Tästä syystä virtaviestikorteissa, 4-20 mA, on käytössä vain kokonaisluvut 0 - 32767. Lisäksi laitteistoon valittiin yksi jänniteviestikortti (0- 10 V) viiran nopeuden mittaamiseksi. Myös jänniteviestikortti on 12 bittinen. (Beckhoff New Automation Technology 2013)

Alustava skaalaaus ennen laitteiston asennusta tehtiin seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{skaalattu arvo} = \text{mitattu arvo} * \frac{\text{mittausalue}}{32767}$$

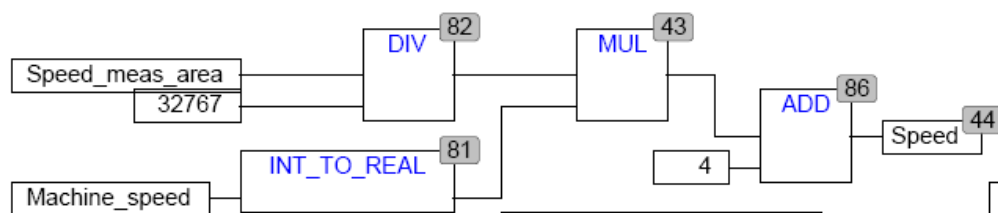
Esimerkiksi sylinterin lämpötilalle:

$$3769 * \frac{200^{\circ}\text{C}}{32767} = 23^{\circ}\text{C}$$

mitattu arvo = 3769

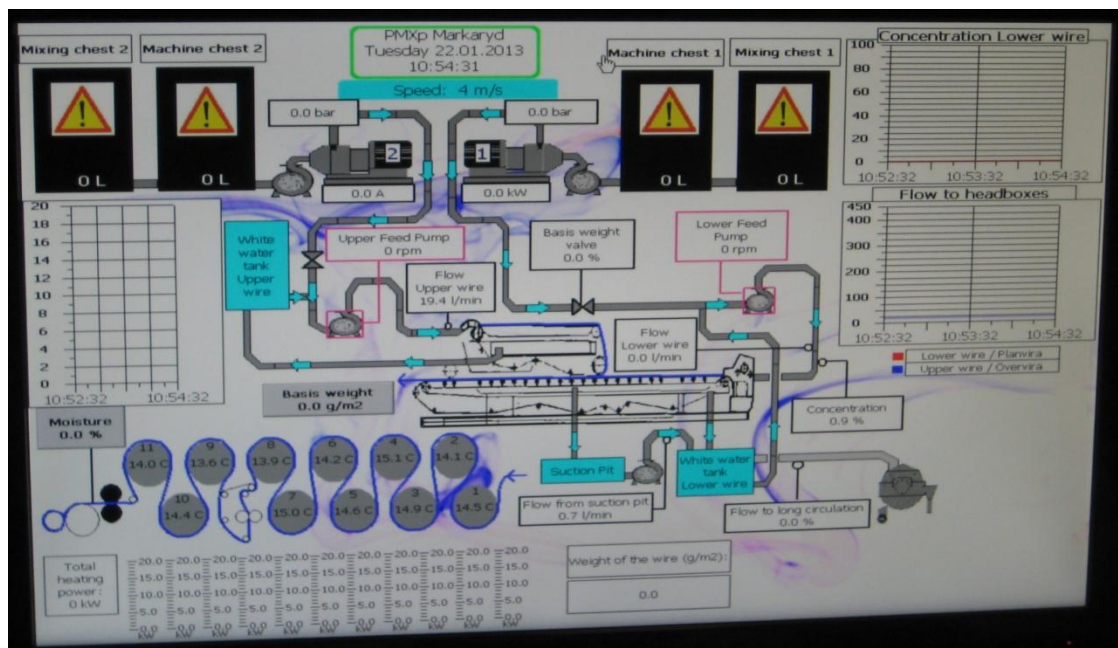
mittausalue = 200 °C

Tätä samaa periaatetta käytettiin jokaiselle mittaukselle. Asennusvaiheessa pyrittiin vielä skaalaamaan mittauksia lisäämällä tarvittavia kertoimia, muuttamalla hieman mittausalueita tai lisäämällä tarvittavan summan laskettuun arvoon (offset). (Ks. Kuvio 88.)



Kuvio 8. Viiran nopeuden skaalaus.

Valvomonäytöstä pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeä ja toteuttamaan toimeksiantajan toiveet mahdollisuuksien mukaan. Näyttöön tulikin melko paljon muutoksia vielä laitteiden asennuksen ja käyttöönoton yhteydessä. Koska paperikoneen käyttäjä on ajon aikana enimmäkseen poissa valvomohuoneesta, on yhdeltä näyttösivulta selvittävä mahdollisimman paljon tietoa ja näytön oltava riittävän suuri. Toimeksiantajan toiveena oli, ettei sivuja tarvitsisi vaihtaa näytöllä kovin paljon. Lopullisen valvomonäytön pääsivu on esitetty kuviossa 9. Näytön pääsivulla on näkyvillä kaikki koneelta tulevat mittaustiedot. Mittaukset, joita ei saatu näkyville, ovat jauhinten yläpuolella esitetyt paineet. Päänäkymän vasemmassa alareunassa olevalta asteikolta voidaan ajettaessa lukea jokaisen sylinterin lämmitysteho kilowatteina. Tällä pyrittiin havainnollistamaan sylintereiden ”lämmityskäyrää”, joka peukalopyörillä valitaan. Kosteuden vaihteluita viimeisen kahden tunnin aikana voi seurata trendistä klikkaamalla hiirellä ”Moisture” -painiketta. Samalla sivulla näkyvät yhdessä kuvaajassa jokaisen sylinterin lämpötilojen vaihtelut. ”Basis weight” -painikkeesta pääsee tarkastelemaan neliömassan vaihteluita viimeisen kahden tunnin aikana. Molemmilta sivuilta pääsee takaisin pääsivulle klikkaamalla ”Main wiew” -painiketta.



Kuvio 9. Valmis valvomonäyttö.

### **3.3. Asennustyö**

Tämä osio työn toteutuksesta oli mielestäni kaikkein kiinnostavin ja samalla myös jännittävin, sillä minulla ei ollut aiempaa kokemusta logiikoiden asennuksista. Olin kuitenkin perehtynyt asiaan mahdollisimman hyvin ja minulla oli selkeä kuva töiden etenemisjärjestyksestä etukäteen. Kaiken kaikkiaan asennus onnistui hyvin vaikka työtä oli paljon.

#### **3.3.1. Vanhan laitteiston purkaminen**

Asennustyö aloitettiin purkamalla vanhan Asea Novatune -logiikan pois. Ennen laitteen irrottamista otittiin kuvia logiikan kytkennöistä ja korteista siltä varalta, että logiikka jouduttaisiin palauttamaan paikalleen. Aseaa ei kuitenkaan tarvinnut enää palauttaa paikalleen.

Siemens TI 305 irrotettiin asennustyön aikana pikkuhiljaa sitä mukaa, kun siihen meneviä johtimia kytkettiin uuteen logiikkaan. Lopuksi laite irrotettiin kokonaan ja jätettiin odottamaan mahdollista seuraavaa käyttökohdetta. Laite vaikutti olevan kunnossa vaikka ohjelmat ilmeisesti olivat hävinneet.

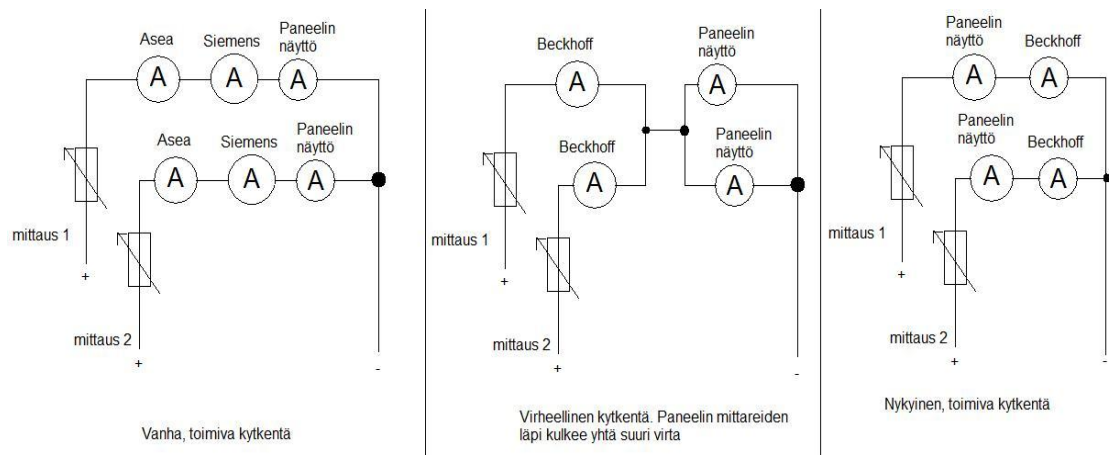
#### **3.3.2. Beckhoff CX 5010-logiikan asentaminen**

Ensimmäisenä asennettiin Beckhoffin logiikkaan sähkönsyöttö valmiiksi. Virtalähde oli kaapissa valmiina ja myös sopivia sulakkeita jäi vapaaksi vanhan logiikan irrottamisen jäljeltä.

Korttien kytkeminen aloitettiin sylintereiden lämpötilojen mittauksista. Ajatuksena oli, että ensin asennetaan tärkeimmät osiot ja viimeisenä ne mittaukset, jotka eivät osallistu sylintereiden lämmitystehon säätöön. Lämpötilojen mittaukset oli tuotu jo vanhaankin logiikkaan, joten johdot oli helppo löytää. Aluksi vanha kytkentä näytti hieman oudolta, mutta hetken tarkastelun jälkeen selvisi, että samat mittaukset oli viety vielä toiselle logiikalle – Siemens TI305:lle, joka oli aiemmin toiminut valvomonäytön tiedonkerääjänä. Lämpötiloja mitat-

tiin aiemmin siis kolmella eri mittarilla; analogisella viisarimittarilla paneelissa, Asea Novatunen analogiakortilla ja Siemens TI305:n analogiakortilla. Nämä mittaukset olivat kytketty keskenään sarjaan. Koska myös vanha Siemensin logiikka oli tarkoitus purkaa pois, poistettiin johdot, jotka menivät Siemensiin ja samalla vapautui riviliittimiä sähkökaapista.

Beckhoffin analogisissa korteissa on kaikille virtamittauksille yhteinen nolla-johdin. Toisin sanoen kaikki lämpötilamittausten miinuskaapelit oli kytkettävä riviliittimillä yhteen ja tuotava yhdellä kaapelilla logiikalle. Kun tämä oli tehty, kytkettiin lämpötilamittausten plusjohtimet logiikkaan ja kokeiltiin lämpötilojen näyttämiä kytkemällä logiikkaan virran päälle. Kokeilun yhteydessä havaittiin, että logiikka mittaa lämpötiloja oikein, mutta paneelissa oleva analogisen osoittimen näyttämä ei näyttänyt samaa lukemaa. Ongelmaksi ilmeni se, että molemmissa vanhoissa logiikoissa oli kaikissa analogisissa mittauskanavissa omat plus ja miinusliitännät. Tämän takia miinukset oli kytketty yhteen analogisissa osoitinmittareilla. Uudessa kytkennässä miinuskaapelit olivat siis kytketty yhteen kahdessa kohdassa ja tämän takia kaikki osoittimet näyttivät samaa lukemaa ja virhettä oli vaikea huomata, kun sylintereitä ei lämmitetty. Kuviossa 10 on esitetty kytkentä vanhojen logiikoiden kanssa, aluksi tehty virheellinen kytkentä Beckhoffin logiikalla ja korjauksen jälkeinen toimiva kytkentä.



Kuvio 10. Lämpötilamittausten kytkentä. Vasemmalla näkyy vanha kytkentä, keskellä kytkentä, jossa viisareilla virheellinen näyttämä, oikealla lopullinen, toimiva kytkentä.

Kuten kuvista 10 ilmenee, oli johtoja vedettävä lämpötilamittausta varten sähkökaapista paneelissa oleville osoittimille lisää. Jokaiselle mittarille piti tuoda kaapista miinusjohdin. Kun johtimet saatiin kytkettyä, mittarit näyttivät tarkasti oikein. Yhdennentoista sylinterin lämpötilan mittaus näytti kuitenkin vielä väärin ja syynä oli erityyppinen lähetin, jonka mittausalue poikkesi muiden lähettimien alueesta. Tämän viimeisen sylinterin lämpötilan mittauksen lähettimen mittausalue on 0-150 °C, kun muilla lähettimillä se on 0-200 °C. Tämä ongelma oli helppo korjata ohjelmasta muuttamalla mittausaluetta.

Seuraavaksi oli kytkettävä lämmittimiä kytkevät releet logiikkaan. Kuten edellä on mainittu, lämmittimet on kytketty ryhmiin. Jokaista ryhmää kohden on yksi kontaktori, jolla ryhmän lämmittimet kytketään päälle tai pois. Kontaktorin ohjausvirta taas tulee releeltä, joka on kytkettynä logiikkaan. Kytketä on tehty näin, jotta ohjausvirtapiirissä ei tarvittaisi niin suuria virtoja. Kontaktoreita kytkevät releet on sijoitettu samaan sähkökaappiin logiikan kanssa, joten niiden kytkeminen logiikkaan oli melko yksinkertaista. Aluksi oli selvitettävä releiden järjestys – mikä rele kytkee minkäkin ryhmän lämmittimet päälle. Releiden järjestys selvitettiin kytkemällä neljään ensimmäiseen releeseen logiikan neljä ensimmäistä lämmitysten ohjaukseen tarkoitettua lähtöä ja pakottamalla Twin-CAT System Manager -ohjelmalla lähtöjä vuorotellen päälle. Tällä tavoin saatiin selvitettyä releiden järjestys ja voitiin kytkeä loput releet vastaavassa järjestyksessä. Releitä oli kaapissa yhteensä 44 kpl – 4 kutakin sylinteriä kohden, mutta viimeistä neljää relettä ei ollut kytketty mihinkään. Tästä kävi ilmi, että jälkeempinä lämmitettäväksi sylinteriksi muutetun yhdennentoista sylinterin lämmittimiä ei ollutkaan aikaisemmin ohjattu logiikalla vaan kyseiselle sylinterille oli kytkettynä pelkkä manuaalinen ohjaus. Näin ollen jätettiin kytkemättä vielä kyseiset lähdöt. Johdinten vetämistä kontaktoreilta sähkökaapin releille harkittiin, mutta aika ei olisi riittänyt siihen, sillä kaapelit olisi pitänyt viedä melko kauas ja hankalan matkan päähän.

Seuraavaksi oli testattava releet ja lämmittimien kytkeytyminen. Nyt oli laitettava koneen päävirta päälle, jotta voitiin nähdä, kytkeytyivätkö todella oikeat lämmittimet. Tässä vaiheessa huomattiin, että lämmittimiä kytkeytyi päälle kaikilla neljällä releellä vaikka saamieni lähtötietojen perusteella oltiin oletettu vain kolmen releen kytkevän lämmittimiä ja neljännen olevan ”päävirtarele”



kullekin sylinterille. Tässä vaiheessa oli avattava yksi sylinteri ja katsottava, miten lämmittimet sen sisällä kytkeytyivät. Havaittiin, että lämmittimet olivat kytketty kolmen ryhmän sijasta neljään ryhmään. Logiikan ohjelmaan oli tässä vaiheessa tehtävä muutos. Muutos ohjelmaan on esitetty aiemmin sivuilla 11–12.

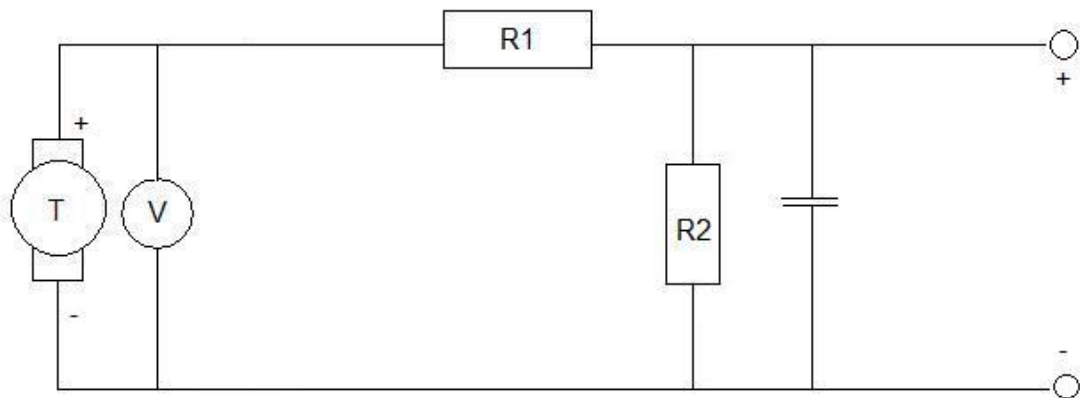
Lämmityksien saamiseksi toimintakuntoon oli vielä kytkettävä peukalopyörät uuteen logiikkaan. Peukalopyörät oli helppo kytkeä, sillä johtimet oli numeroitu selkeästi ja numerot olivat pääosin vielä hyvin näkyvillä. KytKentä vastasi kaikilta osin vanhaa kytKentää, joten mitään suuria muutoksia ei tarvinnut tehdä. KytKentäperiaate on esitetty kuviossa 4. KytKennän jälkeen kaikkia peukalopyöriä testattiin ja todettiin niiden toimivan oikein ja lämmittimien kytkeytyvän halutulla tavalla.

Tässä vaiheessa oli saavutettu työn vähimmäistavoitteet, kun lämmitysten ohjaus toimi moitteettomasti. Lämmitysten ohjaaminen on tässä sovelluksessa ohjelmoitavan logiikan pääasiallinen tehtävä ja välttämätön koneen käytön kannalta. Vikatilanteessa lämmityksiä voidaan käyttää manuaalisesti.

Seuraavaksi kytkettiin mittaukset analogiakortteihin. Lähes kaikki mittaukset, jotka oli mahdollista kytkeä, oli jo tuotu riviliittimille vanhan Siemens TI 305 logiikan lähelle, joten ne oli melko helppo kytkeä myös uuteen logiikkaan. KytKennöissä oli käytetty galvaanisista erottimia useimmissa mittauksista, joten niitä käytettiin myös uusissa kytKennöissä. Suurin osa mittaustiedoista näkyi logiikalle heti ja ne voitiin skaalata näyttämään oikein. Joidenkin mittausten kohdalla galvaaninen erotin piti kuitenkin poistaa käytöstä, jotta mittaus saatiin näkymään logiikalle. Galvaanisissa erottimissa oli jännitteen rajoitin, joka salli mittauskanavaan korkeintaan 18 voltin jännitteen, joten oletan mittaustiedon katoamisen johtuvan siitä. Toisaalta jotkin mittaukset eivät toimineet ilman galvaanista erotinta. Kaikki kytKennät vaikuttivat kytKentätavaltaan hyvin samanlaisilta, joten syy siihen, miksi jotkut kanavat vaativat erottimen ja jotkut eivät, ei täysin selvinnyt. Ainoat mittaukset, joita ei saatu toimimaan, olivat jauhinten jälkeen olevat paineiden mittaukset. Mittaukset ovat aiemmin näkyneet vanhalla näytöllä, joten johdinten voi olettaa olevan kunnossa ja kytketty oikein. Johdinten kunnan tarkastaminen oli hankalaa johtimien päiden pitkän

välimatkan vuoksi, mutta se onnistui jollain tavalla pitkän apujohtimen kanssa. Vikaa ei kuitenkaan havaittu johtimissa ainakaan tämän testin perusteella.

Viiran, ja samalla koko koneen nopeuden saamiseksi näytölle oli kytkettävä takogeneraattorilta tuleva jännite logiikan jännitetulokanavaan. Takogeneraattorin antama jännite oli jo tuotu valvomohuoneessa olevan paneelin osoitinmittarille, joten pitkien johtimien asentamiselta välttyttiin tässäkin tapauksessa. Jännitetulokortti mittaa jännitteitä välillä 0-10 V, joten oli käytettävä esivastuksia. Paneelissa olevasta mittarista havaittiin jännitteen olevan tasajännitettä ja näin ollen ei tarvittu erillistä jännitteen tasasuuntausta. Mittaukseen kytkettiin RC-piiri ja kuormitusvastus, joiden ansiosta jännite saadaan sopivaksi logiikan kortille ja suodatettua jännitteen nopeita vaihteluita, joita takogeneraattorilta voi tulla. (Fonselius ym. 1996, 61-62) RC-piiriin kuuluu vastus ja kondensaattori, jotka on kytketty keskenään sarjaan. (Väyrynen 2008-2013) Tässä soveluksessa RC-piiri aiheuttaa jännitteen nopeiden vaihteluiden (ts. mittausvirheiden) vähenemisen. Kuormitusvastus, RC-piirin vastus ja takogeneraattori kytketään sarjaan ja kondensaattori kytketään toisen vastuksen kanssa rinnan. Logiikan kortti mittaa jännitettä RC-piirin kondensaattorin yli. (Ks. Kuvio 1111.)



Kuvio 11. Takogeneraattorin jännitteen alentaminen.

Koneessa olevan takogeneraattorin antama maksimijännite on 150 voltia, jolloin viiran nopeus olisi 150 m/min. PMXp:n suurin nopeus on kuitenkin vain 60 m/min, joten valitsin etuvastukset sen mukaan mittaustarkkuuden parantamiseksi. Koska ohjelmoitavan logiikan jännitetulokortin mittausalue on 0-10 V, on jännitteen tiputtava kuudesosaan ennen kytkemistä logiikalle.

Olkoon  $U_1$  takogeneraattorin antama jännite ja  $U_2$  logiikan jännitetuloon menevä jännite.

Ohmin lain mukaan  $U = R * I$  ja sarjaan kytkettyjen vastusten resistanssi on

$$R_{kok} = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

$$\text{joten } U_1 = I * (R_1 + R_2)$$

$$\text{ja } U_2 = I * R_2 \leftrightarrow I = \frac{U_2}{R_2}$$

$$\text{Tästä seuraa, että } U_1 = \frac{U_2}{R_2} (R_1 + R_2) \leftrightarrow \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2}.$$

Vastukseksi  $R_2$  valittiin yhden kilo-ohmin vastus, jolloin saatiin laskettua vastuksen  $R_1$  arvon seuraavasti:

$$\frac{60 \text{ V}}{10 \text{ V}} = \frac{R_1 + 1 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} \leftrightarrow R_1 = 6 * 1 \text{ k}\Omega - 1 \text{ k}\Omega \leftrightarrow R_1 = 5 \text{ k}\Omega$$

Kytkemällä vastukset ja kondensaattori edellä selostetulla tavalla, saatiin nopeuden mittausta kytkettyä logiikkaan ja koneen nopeus näkymään näytöllä oikein. Koeajon aikana ei saatu tarkasti mitattua koneen nopeutta, joten lopullinen kalibrointi jäi vielä tekemättä. Koneen ajopaneelissa oleva mittari kuitenkin näytti tarkasti samaa lukemaa logiikan mittauksen kanssa, joten saatoimme olettaa lukemien olevan oikein.

## 4. Loppupäätelmät

Työ eteni mielestäni omia odotuksiani nopeammin ja sujuvammin. TwinCat-ohjelmiston käyttö oli minulle täysin uutta, mutta ohjelman saaminen maksutta Beckhoffin sivuilta mahdollisti ohjelmointityökaluihin tutustumisen ennen ohjelmoinnin aloittamista. Tein muutaman pienen harjoitusohjelman ja simuloin niitä TwinCat System Manager -ohjelman avulla. Aloitin myös varsinaisen ohjelman kirjoittamisen jo ennen laitetoimituksen saapumista ja näin minulla oli riittävästi aikaa tehdä ohjelmasta mahdollisimman hyvä. Sain kiitettävästi apua

ohjelman käytössä Beckhoff Automation Oy:n aluemyyntipäälliköltä Teppo Lepistöltä, Beckhoffin verkkosivuilta ja ohjelmiston käyttöä koskevista opinäytetöistä, joita löytyi verkosta muutamia.

Ohjelmoitavan logiikan saavuttua, pääsin testaamaan ohjelmia logiikalla ja määrittämään lopulliset osoitteet. Peukalopyörien kytkennän sain kokeiltua oppilaitoksen hankkimalla kolmenumeroisella peukalopyöräpaketilla. Analogiakortteja testattiin vielä oppilaitoksen laboratoriossa ennen laitteiden viemistä käyttöpaikalle Ruotsiin.

Asennustyö oli mielestäni haasteellisin osuus työstäni kokemuksen puutteen vuoksi, mutta selvisin työstä erittäin hyvin omiin ennakko-odotuksiini nähden. Asennustyön aikana jouduin tekemään ohjelmaan joitain muutoksia ja lisäyksiä lähinnä valvomonäytön osalta. Lämmitysten ohjauksen ohjelman muuttaminen oli suurin muutos, jonka jouduin vielä paikan päällä tekemään, mutta sen tekeminen tuntui helpolta, koska osasin jo hyvin käyttää ohjelmointiohjelmistoa.

Työni ohella sain runsaasti tietoa eri valmistajien tarjoamista laitteista ja tarjonnan monipuolisuudesta sekä hintatasosta. Uuteen ohjelmointiohjelmistoon tutustuminen omatoimisesti sai minut myös ymmärtämään paremmin logiikoiden ohjelmoinnin periaatteita ja käytäntöjä. Opintojaksojen opettajat ovat puhuneet paljon siitä, että IEC 61131-3 standardin ansiosta yhden valmistajan ohjelmointiohjelmaan tutustunut ohjelmoija oppii nopeasti ohjelmoimaan myös muilla ohjelmointiohjelmilla. Havaitsin tämän seikan myös itse, kun aloitin ohjelman kirjoittamisen TwinCat 2 -ohjelmistolla.

Työn tavoitteena oli uusia ohjelmoitava logiikka PMXp:hen ja samalla tehdä valvomonäyttö vastaamaan aiemmin käytössä ollutta näyttöä. Molemmat tavoitteet täyttyivät ja kaksi vanhaa ohjelmoitavaa logiikkaa korvattiin yhdellä uudella menettämättä mitään toimintoja tai ominaisuuksia. Työn toimeksiantaja on myös ilmaissut olevansa tyytyväinen työn tulokseen.

Lämmitysten ohjauksen kohdalta kehitettävää jäi vielä lämmittimien kytkennässä päälle ja pois. Tarkoituksenani oli rakentaa ohjelma niin, ettei yksittäi-

selle lämmitysryhmälle tulisi päälle/pois kytkentöjä alle neljän sekunnin välein. Käyttöönoton yhteydessä tässä huomattiin pieni virhe, mutta koska kytkentämäärät olivat jo huomattavasti pienemmät kuin aiemman logiikan kanssa, päätettiin puute jättää korjaamatta tällä kertaa. Korjaaminen onnistuu helposti myös myöhemmin. Tämä virhe johtuu siitä, että en ohjelmointivaiheessa osannut huomioida sitä tilannetta, kun lämmitysaika jollain ryhmällä on vain vähän alle yhden minuutin. Vain vähän minuutin ylittävät lämmitysajat on otettu ohjelmassa huomioon nopeiden kytkentöjen välttämiseksi. (Ks. Taulukko 1.)

Osaa analogisista signaaleista ei saatu skaalattua täydellisesti ajan puutteen vuoksi. Hankkeen jatkamista ajatellen mittausten skaalaus olisi ensimmäinen asia, joka olisi tehdä kunnolla loppuun. Kosteusanturin asentamisen jälkeen tulisi skaalata kosteusmittaus huolellisesti ja virittää kosteuden perusteella lämmityksiä ohjaava PID -säädin, joka on jo kirjoitettu ohjelmaan, mutta ei vielä viritetty anturin puuttumisen takia. Uuden laitteiston myötä PMXp:n automaattisia toimintoja voi tulevaisuudessa helposti kehittää. Kun koneelle saadaan asennettua neliömassan mittaus, olisi esimerkiksi neliömassa venttiilin automaattisäätö helppo toteuttaa siten, että paperiin tulisi aina haluttu neliömassa. Ohjelmallisesti tämä onnistuisi yhdellä uudella ohjelmalohkolla ja PID-säätimellä. Hankkia tarvitsisi ainoastaan yksi analogia lähtökortti (4 - 20 mA), jonka signaalilla venttiiliä säädettäisiin. Beckhoff CX 5010 -logiikan voi myös liittää verkkoon siten, että sen tilaa voisi tarkastella millä tahansa tietokoneella. Näin myös valvomonäyttöä voisi tarkastella verkon yli käyttämällä ilmaista CE Remote Host -ohjelmaa. Uuden ohjelmiston lataaminen logiikkaan onnistuisi myös etäyhteyttä käyttämällä ja näin ollen vikatilanteen ilmetessä ohjelmat voitaisiin uudelleen ladata ilman paikan päällä käymistä. Logiikkaa ei kuitenkaan vielä haluttu liittää verkkoon mahdollisten tietoturvariskien välttämiseksi.

Kaiken kaikkiaan työ onnistui omasta mielestäni hyvin ja eteni suunnitellun aikataulun mukaisesti. Kiitän hyvistä neuvoista ja joustavuudesta opinnäytetyöni ohjaajaa Jaakko Fonseliusta, oppilaitoksen lehtoreita, joilta olen saanut mielipiteitä ja apua laitteiden hankinnassa sekä Teppo Lepistöä, joka neuvoi TwinCatin käytössä ja oli tavoitettavissa helposti. Kiitän myös asennustyön aikana I/O luetteloa ja muita tärkeitä tietoja kirjannutta sekä asennustyössä

apuna ollut Jaana Kemppaista. Erityiskiitos kuuluu toimeksiantajalle Fiber-X Ab:lle ja Heikki Sojakalle, joka mahdollisti työn toteuttamisen ja antoi sopivasti haastetta työlle sekä osoitti luottamusta asiantuntijuuteeni.

Tämä opinnäytetyö oli mielestäni erittäin mielenkiintoinen ja antoisa ajatellen ammattia, johon oppilaitoksesta valmistun.

## Lähteet

Asea Novatune Manual. 1985.

BECKHOFF New Automation Technology 2013. Viitattu: 11.4.2013.  
[http://www.beckhoff.fi/fi/default.htm?drive\\_technology/default.htm](http://www.beckhoff.fi/fi/default.htm?drive_technology/default.htm).

Digitaalitekniikka 2003. Digitaalitekniikka - luento 2: Binaäriluvuista. Viitattu 4.3.2013. <http://signal.hut.fi/digis/luento2/binaari.html>.

Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M., Välimaa, T. 1996.  
Automaatiolaitteet. Jyväskylä: Oy Edita Ab.

Kuusisto, P. 2008. CAN-VÄYLÄ TwinCAT-YMPÄRISTÖSSÄ. Opinnäytetyö.  
Tampereen Ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikka, kone- ja  
laiteautomaatio. Viitattu 19.4.2013.  
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8701/Kuusisto.Petteri.pdf?sequence=2>.

Larsson, J. 2012. Papermachine at Fiber-x. Sähköpostiviesti. 8.10.2012

Lepistö, T. 2012. Tarjouspyyntö/JAMK. Sähköpostiviesti. 5.11.2012

Pösö, J. 2010. Tutkimusmatka saksalaiseen liikkeenohjaukseen.  
Opinnäytetyö. Satakunnan Ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan  
koulutusohjelma. Viitattu 19.4.2013.  
[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15972/Poso\\_Juha-Matti.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15972/Poso_Juha-Matti.pdf?sequence=1)

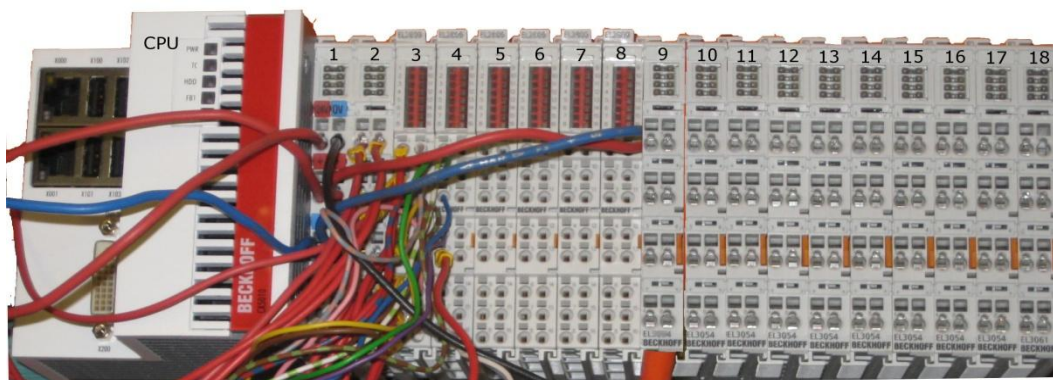
Rantapuska, S ja Häkkinen, V. 2012. Haastattelu. 9.10.2012.

Sojakka, H. 2012a. Automatisointi Markaryd. Sähköpostiviesti. 18.9.2012

Sojakka, H. 2012b. Haastattelu. 15.10.2012.

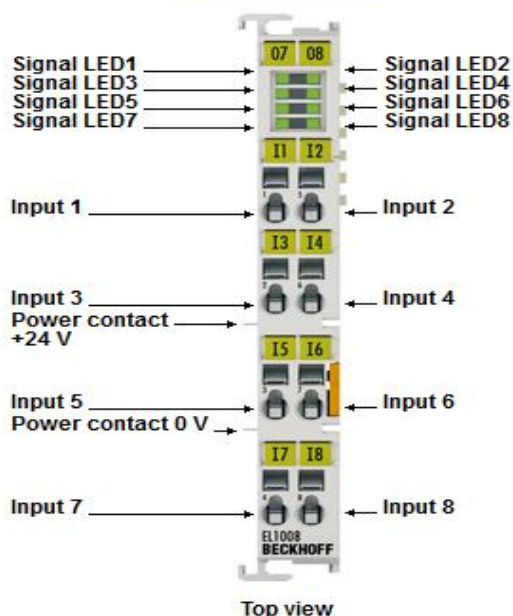
Väyrynen, M. 2008-2013. [hutasu.net](http://www.hutasu.net)|RC-piiri. Viitattu 8.5.2013.  
<http://www.hutasu.net/ele/RC-piiri.htm>.

## Beckhoff CX 5010, PMXp Markaryd - I/O list



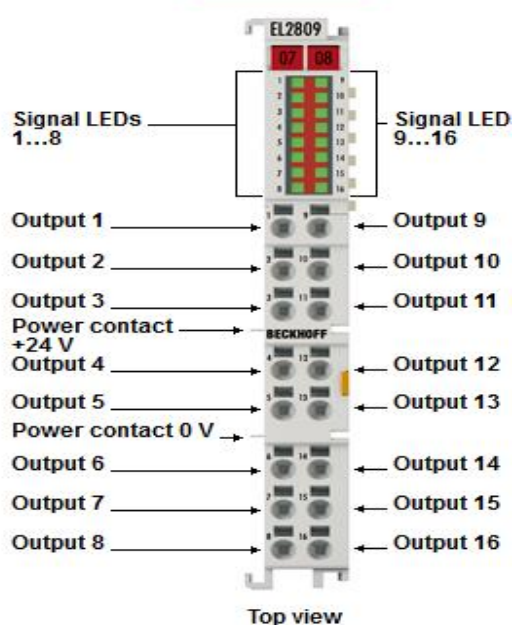
Card 2

**Digital Input** **EL1008**



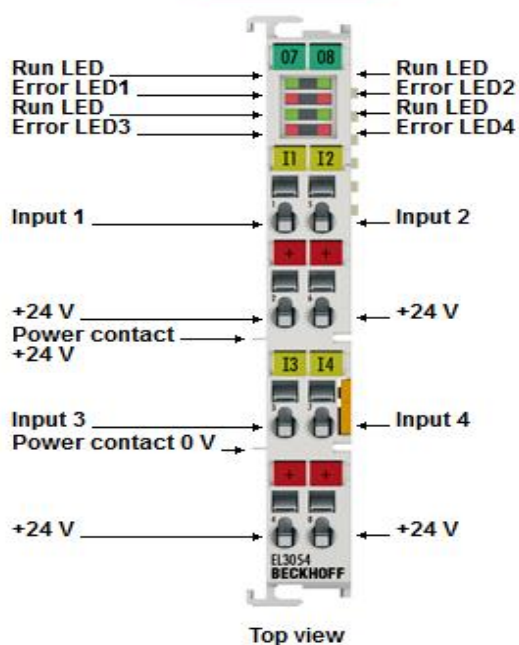
Cards 3 - 8

**Digital Output** **EL2809**



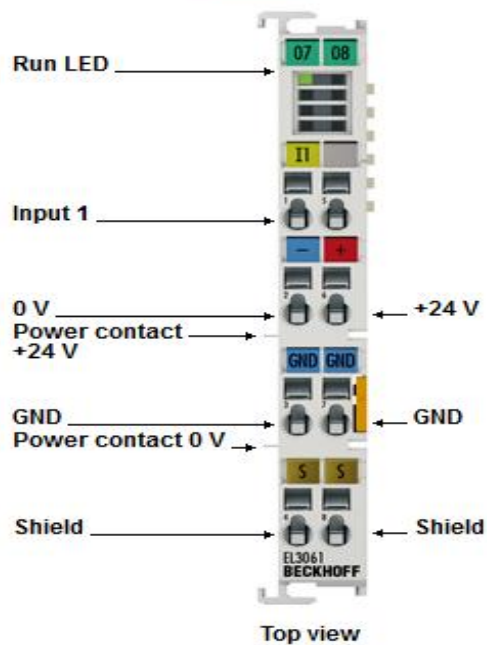
Cards 10 - 17 (4 - 20 mA)

**Analog Input** **EL3054**



Card 18 (0 - 10 V)

**Analog Input** **EL3061**





Card	Channel	Marking of wire	Description
2	1	1 (red)	thumbwheel input (1)
2	2	2 (red)	thumbwheel input (2)
2	3	4 (red)	thumbwheel input (4)
2	4	8 (red)	thumbwheel input (8)
2	5		moisture auto/manual
2	6	-	-
2	7	-	-
2	8	-	-
3	1	11	output for first cylinders thumbwheel number 1
3	2	110	output for first cylinders thumbwheel number 10
3	3	1100	output for first cylinders thumbwheel number 100
3	4	21	output for 2nd cylinders thumbwheel number 1
3	5	210	output for 2nd cylinders thumbwheel number 10
3	6	2100	output for 2nd cylinders thumbwheel number 100
3	7	31	output for 3rd cylinders thumbwheel number 1
3	8	310	output for 3rd cylinders thumbwheel number 10
3	9	3100	output for 3rd cylinders thumbwheel number 100
3	10	41	output for 4th cylinders thumbwheel number 1
3	11	410	output for 4th cylinders thumbwheel number 10
3	12	4100	output for 4th cylinders thumbwheel number 100
3	13	51	output for 5th cylinders thumbwheel number 1
3	14	510	output for 5th cylinders thumbwheel number 10
3	15	5100	output for 5th cylinders thumbwheel number 100
3	16	61	output for 6th cylinders thumbwheel number 1
4	1	610	output for 6th cylinders thumbwheel number 10
4	2	6100	output for 6th cylinders thumbwheel number 100
4	3	71	output for 7th cylinders thumbwheel number 1
4	4	710	output for 7th cylinders thumbwheel number 10
4	5	7100	output for 7th cylinders thumbwheel number 100
4	6	81	output for 8th cylinders thumbwheel number 1
4	7	810	output for 8th cylinders thumbwheel number 10
4	8	8100	output for 8th cylinders thumbwheel number 100
4	9	91	output for 9th cylinders thumbwheel number 1
4	10	910	output for 9th cylinders thumbwheel number 10
4	11	9100	output for 9th cylinders thumbwheel number 100
4	12	101	output for 10th cylinders thumbwheel number 1
4	13	1010	output for 10th cylinders thumbwheel number 10
4	14	10100	output for 10th cylinders thumbwheel number 100
4	15		output for 11th cylinders thumbwheel number 1
4	16		output for 11th cylinders thumbwheel number 10
5	1		output for 11th cylinders thumbwheel number 100
5	2	R1	output for heating power thumbwheel number 1
5	3	R10	output for heating power thumbwheel number 10
5	4	R100	output for heating power thumbwheel number 100
5	5	S1	output for moisture thumbwheel number 0,1
5	6	S10	output for moisture thumbwheel number 1
5	7	S100	output for moisture thumbwheel number 10

Card	Channel	Marking of wire	Description
5	8	RT1 white/green	output for relay of heating group in cyl. 1 (3 heaters) (srew terminal 612)
5	9	RT1 green	output for relay of heating group 1 in cyl. 1 (2 heaters) (srew terminal 611)
5	10	RT1 white/orange	output for relay of heating group 2 in cyl. 1 (2 heaters) (srew terminal 613)
5	11	RT1 orange	output for relay of heating group 3 in cyl. 1 (2 heaters) (srew terminal 614)
5	12	RT1 brown	output for relay of heating group in cyl. 2 (3 heaters) (srew terminal 616)
5	13	RT1 white/brown	output for relay of heating group 1 in cyl. 2 (2 heaters) (srew terminal 615)
5	14	RT1 blue	output for relay of heating group 2 in cyl. 2 (2 heaters) (srew terminal 617)
5	15	RT1 white/ blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 2 (2 heaters) (srew terminal 618)
5	16	RT2 white/green	output for relay of heating group in cyl. 3 (3 heaters) (srew terminal 602)
6	1	RT2 green	output for relay of heating group 1 in cyl. 3 (2 heaters) (srew terminal 601)
6	2	RT2 white/orange	output for relay of heating group 2 in cyl. 3 (2 heaters) (srew terminal 603)
6	3	RT2 orange	output for relay of heating group 3 in cyl. 3 (2 heaters) (srew terminal 604)
6	4	RT2 brown	output for relay of heating group in cyl. 4 (3 heaters) (srew terminal 606)
6	5	RT2 white/brown	output for relay of heating group 1 in cyl. 4 (2 heaters) (srew terminal 605)
6	6	RT2 blue	output for relay of heating group 2 in cyl. 4 (2 heaters) (srew terminal 607)
6	7	RT2 white/ blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 4 (2 heaters) (srew terminal 608)
6	8	RT3 white/green	output for relay of heating group in cyl. 5 (3 heaters) (srew terminal 631)
6	9	RT3 green	output for relay of heating group 1 in cyl. 5 (2 heaters) (srew terminal 630)
6	10	RT3 white/orange	output for relay of heating group 2 in cyl. 5 (2 heaters) (srew terminal 632)
6	11	RT3 orange	output for relay of heating group 3 in cyl. 5 (2 heaters) (srew terminal 633)
6	12	RT3 brown	output for relay of heating group in cyl. 6 (3 heaters) (srew terminal 635)
6	13	RT3 white/brown	output for relay of heating group 1 in cyl. 6 (2 heaters) (srew terminal 634)
6	14	RT3 blue	output for relay of heating group 2 in cyl. 6 (2 heaters) (srew terminal 636)
6	15	RT3 white/ blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 6 (2 heaters) (srew terminal 637)

Card	Channel	Marking of wire	Description
6	16	RT4 - 1	output for relay of heating group in cyl. 7 (3 heaters) (srew terminal 620)
7	1	RT4 - 2	output for relay of heating group 1 in cyl. 7 (2 heaters) (srew terminal 621)
7	2	RT4 - 3	output for relay of heating group 2 in cyl. 7 (2 heaters) (srew terminal 622)
7	3	RT4 - 4	output for relay of heating group 3 in cyl. 7 (2 heaters) (srew terminal 623)
7	4	RT5 white	output for relay of heating group in cyl. 8 (3 heaters) (srew terminal 624)
7	5	RT5 blue	output for relay of heating group 1 in cyl. 8 (2 heaters) (srew terminal 625)
7	6	RT6 white	output for relay of heating group 2 in cyl. 8 (2 heaters) (srew terminal 626)
7	7	RT6 blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 8 (2 heaters) (srew terminal 627)
7	8	RT7 white	output for relay of heating group in cyl. 9 (3 heaters) (srew terminal 650)
7	9	RT7 blue	output for relay of heating group 1 in cyl. 9 (2 heaters) (srew terminal 649)
7	10	RT8 white	output for relay of heating group 2 in cyl. 9 (2 heaters) (srew terminal 651)
7	11	RT8 blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 9 (2 heaters) (srew terminal 652)
7	12	RT9 white	output for relay of heating group in cyl. 10 (3 heaters) (srew terminal 653)
7	13	RT9 blue	output for relay of heating group 1 in cyl. 10 (2 heaters) (srew terminal 654)
7	14	RT10 white	output for relay of heating group 2 in cyl. 10 (2 heaters) (srew terminal 655)
7	15	RT10 blue	output for relay of heating group 3 in cyl. 10 (2 heaters) (srew terminal 656)
7	16		output for relay of heating group in cyl. 11 (3 heaters) (not connected)
8	1		output for relay of heating group 1 in cyl. 11 (2 heaters) (not connected)
8	2		output for relay of heating group 2 in cyl. 11 (2 heaters) (not connected)
8	3		output for relay of heating group 3 in cyl. 11 (2 heaters) (not connected)
8	4		output for warning lamp or summer. Turns on if any of chests are running too low level of liquid. (not connected)
8	5		
8	6		
8	7		
8	8		
8	9		
8	10		
8	11		

Card	Channel	Marking of wire	Description
8	12		
8	13		
8	14		
8	15		
8	16		
9	1	red power wire	power for analog cards (24 V)
9	2	blue power wire	power for analog cards (0 V)
9	3	-	
9	4	-	
9	5	T 4 (white)	minus wire for analog signals (temperature)
9	6	black	minus wire for analog signals
10	1	T brown	1st cylinder temperature
10	2	T white/brown	2nd cylinder temperature
10	3	T blue	3th cylinder temperature
10	4	T white/blue	4th cylinder temperature
11	1	T green	5th cylinder temperature
11	2	T white/green	6th cylinder temperature
11	3	T orange	7th cylinder temperature
11	4	T white/orange	8th cylinder temperature
12	1	T 1 (white)	9th cylinder temperature
12	2	T 2 (white)	10th cylinder temperature
12	3	T 3 (white)	11th cylinder temperature
12	4	red	moisture measurement
13	1	1 - white	mixing chest 1
13	2	1 - blue	mixing chest 2
13	3	2 - white	machine chest 1
13	4	2 - blue	machine chest 2
14	1	4 - white	basis weight valve position (lower wire)
14	2	5 - white	concentration (lower wire)
14	3	red	basis weight measurement (srew terminal 682)
14	4	6 - white	suction pit to wire pit (FT-216)
15	1	6 - blue	Flow to long circulation (FT-217)
15	2	5 - blue	Flow to lower headbox feed pump (FT-214)
15	3	7 - blue	Flow to upper headbox feed pump (FT-224)
15	4	131 (red)	pressure after refiner 1 (PIC-131)
16	1	132 (red)	pressure after refiner 2 (PIC-132)
16	2	4 - blue	speed of lower headbox feed pump (SI-212)
16	3	7 - white	speed of upper headbox feed pump (SI-222)
16	4	3 - white	power of refiner 1
17	1	3 - blue	current of refiner 2
17	2		
17	3		
17	4		
18	1	red +	speed of machine +
18	GND	black -	speed of machine -

IP address of Beckhoff (lower ethernet port)

192.168.10.10

Subnet mask

255.255.255.0

Gate

192.168.10.1

Name		Type	Size	>Address	In/Out	User ID	Linked to
Measurements.measure1	X	INT	2.0	66.0	Input	0	Measurements.measure1 . AI Standard Channel 1 . Term 10 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure2	X	INT	2.0	70.0	Input	0	Measurements.measure2 . AI Standard Channel 2 . Term 10 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure3	X	INT	2.0	74.0	Input	0	Measurements.measure3 . AI Standard Channel 3 . Term 10 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure4	X	INT	2.0	78.0	Input	0	Measurements.measure4 . AI Standard Channel 4 . Term 10 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure5	X	INT	2.0	82.0	Input	0	Measurements.measure5 . AI Standard Channel 1 . Term 11 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure6	X	INT	2.0	86.0	Input	0	Measurements.measure6 . AI Standard Channel 2 . Term 11 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure7	X	INT	2.0	90.0	Input	0	Measurements.measure7 . AI Standard Channel 3 . Term 11 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure8	X	INT	2.0	94.0	Input	0	Measurements.measure8 . AI Standard Channel 4 . Term 11 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure9	X	INT	2.0	98.0	Input	0	Measurements.measure9 . AI Standard Channel 1 . Term 12 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure10	X	INT	2.0	102.0	Input	0	Measurements.measure10 . AI Standard Channel 2 . Term 12 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.measure11	X	INT	2.0	106.0	Input	0	Measurements.measure11 . AI Standard Channel 3 . Term 12 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Moisture_measuring	X	INT	2.0	110.0	Input	0	Measurements.Moisture_measuring . AI Standard Channel 4 . Term 12 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Mixing_chest_1	X	INT	2.0	114.0	Input	0	Measurements.Mixing_chest_1 . AI Standard Channel 1 . Term 13 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Mixing_chest_2	X	INT	2.0	118.0	Input	0	Measurements.Mixing_chest_2 . AI Standard Channel 2 . Term 13 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Machine_chest_1	X	INT	2.0	122.0	Input	0	Measurements.Machine_chest_1 . AI Standard Channel 3 . Term 13 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

Measurements.Machine_chest_2	X	INT	2.0	126.0	Input	0	Measurements.Machine_chest_2 . AI Standard Channel 4 . Term 13 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Machine_speed	X	INT	2.0	130.0	Input	0	Measurements.Machine_speed . AI Standard . Term 18 (EL3061) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.B_W_valve_measure	X	INT	2.0	134.0	Input	0	Measurements.B_W_valve_measure . AI Standard Channel 1 . Term 14 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Conc_L_w_meas	X	INT	2.0	138.0	Input	0	Measurements.Conc_L_w_meas . AI Standard Channel 2 . Term 14 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.basis_weight	X	INT	2.0	142.0	Input	0	Measurements.basis_weight . AI Standard Channel 3 . Term 14 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_FT_217	X	INT	2.0	146.0	Input	0	Measurements.Flow_FT_217 . AI Standard Channel 1 . Term 15 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_FT_216	X	INT	2.0	148.0	Input	0	Measurements.Flow_FT_216 . AI Standard Channel 4 . Term 14 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_FT_214	X	INT	2.0	156.0	Input	0	Measurements.Flow_FT_214 . AI Standard Channel 2 . Term 15 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_FT_224	X	INT	2.0	160.0	Input	0	Measurements.Flow_FT_224 . AI Standard Channel 3 . Term 15 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_refiner_1	X	INT	2.0	164.0	Input	0	Measurements.Flow_refiner_1 . AI Standard Channel 4 . Term 15 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.Flow_refiner_2	X	INT	2.0	168.0	Input	0	Measurements.Flow_refiner_2 . AI Standard Channel 1 . Term 16 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.lower_feed_pump	X	INT	2.0	172.0	Input	0	Measurements.lower_feed_pump . AI Standard Channel 2 . Term 16 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.upper_feed_pump	X	INT	2.0	176.0	Input	0	Measurements.upper_feed_pump . AI Standard Channel 3 . Term 16 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.current_refiner_1	X	INT	2.0	182.0	Input	0	Measurements.current_refiner_1 . AI Standard Channel 4 . Term 16 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
Measurements.current_refiner_2	X	INT	2.0	186.0	Input	0	Measurements.current_refiner_2 . AI Standard Channel 1 . Term 17 (EL3054) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

BCD_coding.pin_1	X	BOOL	0.1	196.0	Input	0	BCD_coding.pin_1 . Channel 1 . Term 2 (EL1008) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
BCD_coding.pin_2	X	BOOL	0.1	196.1	Input	0	BCD_coding.pin_2 . Channel 2 . Term 2 (EL1008) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
BCD_coding.pin_4	X	BOOL	0.1	196.2	Input	0	BCD_coding.pin_4 . Channel 3 . Term 2 (EL1008) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
BCD_coding.pin_8	X	BOOL	0.1	196.3	Input	0	BCD_coding.pin_8 . Channel 4 . Term 2 (EL1008) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
temp_curve_calc.Auto_Man	X	BOOL	0.1	196.4	Input	0	temp_curve_calc.Auto_Man . Channel 5 . Term 2 (EL1008) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
thumbwheel_switch.Out_1_1	X	BOOL	0.1	40.0	Output	0	thumbwheel_switch.Out_1_1 . Channel 1 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_1_1		BOOL	0.1	40.0	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_1_10	X	BOOL	0.1	40.1	Output	0	thumbwheel_switch.Out_1_10 . Channel 2 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_1_10		BOOL	0.1	40.1	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_1_100	X	BOOL	0.1	40.2	Output	0	thumbwheel_switch.Out_1_100 . Channel 3 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_1_100		BOOL	0.1	40.2	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_2_1	X	BOOL	0.1	40.3	Output	0	thumbwheel_switch.Out_2_1 . Channel 4 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_2_1		BOOL	0.1	40.3	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_2_10	X	BOOL	0.1	40.4	Output	0	thumbwheel_switch.Out_2_10 . Channel 5 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_2_10		BOOL	0.1	40.4	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_2_100	X	BOOL	0.1	40.5	Output	0	thumbwheel_switch.Out_2_100 . Channel 6 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_2_100		BOOL	0.1	40.5	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_3_1	X	BOOL	0.1	40.6	Output	0	thumbwheel_switch.Out_3_1 . Channel 7 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_3_1		BOOL	0.1	40.6	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_3_10	X	BOOL	0.1	40.7	Output	0	thumbwheel_switch.Out_3_10 . Channel 8 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

MAIN.Out_3_10		BOOL	0.1	40.7	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_3_100	X	BOOL	0.1	41.0	Output	0	thumbwheel_switch.Out_3_100 . Channel 9 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_3_100		BOOL	0.1	41.0	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_4_1	X	BOOL	0.1	41.1	Output	0	thumbwheel_switch.Out_4_1 . Channel 10 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_4_1		BOOL	0.1	41.1	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_4_10	X	BOOL	0.1	41.2	Output	0	thumbwheel_switch.Out_4_10 . Channel 11 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_4_10		BOOL	0.1	41.2	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_4_100	X	BOOL	0.1	41.3	Output	0	thumbwheel_switch.Out_4_100 . Channel 12 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_4_100		BOOL	0.1	41.3	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_5_1	X	BOOL	0.1	41.4	Output	0	thumbwheel_switch.Out_5_1 . Channel 13 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_5_1		BOOL	0.1	41.4	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_5_10	X	BOOL	0.1	41.5	Output	0	thumbwheel_switch.Out_5_10 . Channel 14 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_5_10		BOOL	0.1	41.5	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_5_100	X	BOOL	0.1	41.6	Output	0	thumbwheel_switch.Out_5_100 . Channel 15 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_5_100		BOOL	0.1	41.6	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_6_1	X	BOOL	0.1	41.7	Output	0	thumbwheel_switch.Out_6_1 . Channel 16 . Term 3 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_6_1		BOOL	0.1	41.7	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_6_10	X	BOOL	0.1	42.0	Output	0	thumbwheel_switch.Out_6_10 . Channel 1 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_6_10		BOOL	0.1	42.0	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_6_100	X	BOOL	0.1	42.1	Output	0	thumbwheel_switch.Out_6_100 . Channel 2 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_6_100		BOOL	0.1	42.1	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_7_1	X	BOOL	0.1	42.2	Output	0	thumbwheel_switch.Out_7_1 . Channel 3 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices



MAIN.Out_7_1		BOOL	0.1	42.2	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_7_10	X	BOOL	0.1	42.3	Output	0	thumbwheel_switch.Out_7_10 . Channel 4 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_7_10		BOOL	0.1	42.3	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_7_100	X	BOOL	0.1	42.4	Output	0	thumbwheel_switch.Out_7_100 . Channel 5 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_7_100		BOOL	0.1	42.4	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_8_1	X	BOOL	0.1	42.5	Output	0	thumbwheel_switch.Out_8_1 . Channel 6 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_8_1		BOOL	0.1	42.5	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_8_10	X	BOOL	0.1	42.6	Output	0	thumbwheel_switch.Out_8_10 . Channel 7 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_8_10		BOOL	0.1	42.6	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_8_100	X	BOOL	0.1	42.7	Output	0	thumbwheel_switch.Out_8_100 . Channel 8 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_8_100		BOOL	0.1	42.7	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_9_1	X	BOOL	0.1	43.0	Output	0	thumbwheel_switch.Out_9_1 . Channel 9 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_9_1		BOOL	0.1	43.0	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_9_10	X	BOOL	0.1	43.1	Output	0	thumbwheel_switch.Out_9_10 . Channel 10 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_9_10		BOOL	0.1	43.1	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_9_100	X	BOOL	0.1	43.2	Output	0	thumbwheel_switch.Out_9_100 . Channel 11 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_9_100		BOOL	0.1	43.2	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_10_1	X	BOOL	0.1	43.3	Output	0	thumbwheel_switch.Out_10_1 . Channel 12 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_10_1		BOOL	0.1	43.3	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_10_10	X	BOOL	0.1	43.4	Output	0	thumbwheel_switch.Out_10_10 . Channel 13 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_10_10		BOOL	0.1	43.4	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_10_100	X	BOOL	0.1	43.5	Output	0	thumbwheel_switch.Out_10_100 . Channel 14 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

MAIN.Out_10_100		BOOL	0.1	43.5	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_11_1	X	BOOL	0.1	43.6	Output	0	thumbwheel_switch.Out_11_1 . Channel 15 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_11_1		BOOL	0.1	43.6	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_11_10	X	BOOL	0.1	43.7	Output	0	thumbwheel_switch.Out_11_10 . Channel 16 . Term 4 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_11_10		BOOL	0.1	43.7	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_11_100	X	BOOL	0.1	44.0	Output	0	thumbwheel_switch.Out_11_100 . Channel 1 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_11_100		BOOL	0.1	44.0	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_power_1	X	BOOL	0.1	44.1	Output	0	thumbwheel_switch.Out_power_1 . Channel 2 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_power_1		BOOL	0.1	44.1	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_power_10	X	BOOL	0.1	44.2	Output	0	thumbwheel_switch.Out_power_10 . Channel 3 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_power_10		BOOL	0.1	44.2	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_power_100	X	BOOL	0.1	44.3	Output	0	thumbwheel_switch.Out_power_100 . Channel 4 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_power_100		BOOL	0.1	44.3	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_moisture_01	X	BOOL	0.1	44.4	Output	0	thumbwheel_switch.Out_moisture_01 . Channel 5 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_moisture_01		BOOL	0.1	44.4	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_moisture_1	X	BOOL	0.1	44.5	Output	0	thumbwheel_switch.Out_moisture_1 . Channel 6 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_moisture_1		BOOL	0.1	44.5	Output	0	
thumbwheel_switch.Out_moisture_10	X	BOOL	0.1	44.6	Output	0	thumbwheel_switch.Out_moisture_10 . Channel 7 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.Out_moisture_10		BOOL	0.1	44.6	Output	0	
Measurements.Alarm_chests	X	BOOL	0.1	44.7	Output	0	Measurements.Alarm_chests . Channel 4 . Term 8 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_1_regl_eff	X	BOOL	0.1	45.0	Output	0	MAIN.cyl_1_regl_eff . Channel 8 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

MAIN.cyl_1_group_1	X	BOOL	0.1	45.1	Output	0	MAIN.cyl_1_group_1 . Channel 9 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_1_group_2	X	BOOL	0.1	45.2	Output	0	MAIN.cyl_1_group_2 . Channel 10 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_1_group_3	X	BOOL	0.1	45.3	Output	0	MAIN.cyl_1_group_3 . Channel 11 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_2_regl_eff	X	BOOL	0.1	45.4	Output	0	MAIN.cyl_2_regl_eff . Channel 12 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_2_group_1	X	BOOL	0.1	45.5	Output	0	MAIN.cyl_2_group_1 . Channel 13 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_2_group_2	X	BOOL	0.1	45.6	Output	0	MAIN.cyl_2_group_2 . Channel 14 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_2_group_3	X	BOOL	0.1	45.7	Output	0	MAIN.cyl_2_group_3 . Channel 15 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_3_regl_eff	X	BOOL	0.1	46.0	Output	0	MAIN.cyl_3_regl_eff . Channel 16 . Term 5 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_3_group_1	X	BOOL	0.1	46.1	Output	0	MAIN.cyl_3_group_1 . Channel 1 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_3_group_2	X	BOOL	0.1	46.2	Output	0	MAIN.cyl_3_group_2 . Channel 2 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_3_group_3	X	BOOL	0.1	46.3	Output	0	MAIN.cyl_3_group_3 . Channel 3 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_4_regl_eff	X	BOOL	0.1	46.4	Output	0	MAIN.cyl_4_regl_eff . Channel 4 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_4_group_1	X	BOOL	0.1	46.5	Output	0	MAIN.cyl_4_group_1 . Channel 5 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_4_group_2	X	BOOL	0.1	46.6	Output	0	MAIN.cyl_4_group_2 . Channel 6 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_4_group_3	X	BOOL	0.1	46.7	Output	0	MAIN.cyl_4_group_3 . Channel 7 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_5_regl_eff	X	BOOL	0.1	47.0	Output	0	MAIN.cyl_5_regl_eff . Channel 8 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

MAIN.cyl_5_group_1	X	BOOL	0.1	47.1	Output	0	MAIN.cyl_5_group_1 . Channel 9 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_5_group_2	X	BOOL	0.1	47.2	Output	0	MAIN.cyl_5_group_2 . Channel 10 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_5_group_3	X	BOOL	0.1	47.3	Output	0	MAIN.cyl_5_group_3 . Channel 11 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_6_regl_eff	X	BOOL	0.1	47.4	Output	0	MAIN.cyl_6_regl_eff . Channel 12 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_6_group_1	X	BOOL	0.1	47.5	Output	0	MAIN.cyl_6_group_1 . Channel 13 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_6_group_2	X	BOOL	0.1	47.6	Output	0	MAIN.cyl_6_group_2 . Channel 14 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_6_group_3	X	BOOL	0.1	47.7	Output	0	MAIN.cyl_6_group_3 . Channel 15 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_7_regl_eff	X	BOOL	0.1	48.0	Output	0	MAIN.cyl_7_group_1 . Channel 1 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_7_group_1	X	BOOL	0.1	48.1	Output	0	MAIN.cyl_7_group_1 . Channel 16 . Term 6 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_7_group_2	X	BOOL	0.1	48.2	Output	0	MAIN.cyl_7_group_2 . Channel 2 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_7_group_3	X	BOOL	0.1	48.3	Output	0	MAIN.cyl_7_group_3 . Channel 3 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_8_regl_eff	X	BOOL	0.1	48.4	Output	0	MAIN.cyl_8_regl_eff . Channel 4 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_8_group_1	X	BOOL	0.1	48.5	Output	0	MAIN.cyl_8_group_1 . Channel 5 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_8_group_2	X	BOOL	0.1	48.6	Output	0	MAIN.cyl_8_group_2 . Channel 6 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_8_group_3	X	BOOL	0.1	48.7	Output	0	MAIN.cyl_8_group_3 . Channel 7 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_9_regl_eff	X	BOOL	0.1	49.0	Output	0	MAIN.cyl_9_regl_eff . Channel 8 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices

MAIN.cyl_9_group_1	X	BOOL	0.1	49.1	Output	0	MAIN.cyl_9_group_1 . Channel 9 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_9_group_2	X	BOOL	0.1	49.2	Output	0	MAIN.cyl_9_group_2 . Channel 10 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_9_group_3	X	BOOL	0.1	49.3	Output	0	MAIN.cyl_9_group_3 . Channel 11 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_10_regl_eff	X	BOOL	0.1	49.4	Output	0	MAIN.cyl_10_regl_eff . Channel 12 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_10_group_1	X	BOOL	0.1	49.5	Output	0	MAIN.cyl_10_group_1 . Channel 13 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_10_group_2	X	BOOL	0.1	49.6	Output	0	MAIN.cyl_10_group_2 . Channel 14 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_10_group_3	X	BOOL	0.1	49.7	Output	0	MAIN.cyl_10_group_3 . Channel 15 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_11_regl_eff	X	BOOL	0.1	50.0	Output	0	MAIN.cyl_11_regl_eff . Channel 16 . Term 7 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_11_group_1	X	BOOL	0.1	50.1	Output	0	MAIN.cyl_11_group_1 . Channel 1 . Term 8 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_11_group_2	X	BOOL	0.1	50.2	Output	0	MAIN.cyl_11_group_2 . Channel 2 . Term 8 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices
MAIN.cyl_11_group_3	X	BOOL	0.1	50.3	Output	0	MAIN.cyl_11_group_3 . Channel 3 . Term 8 (EL2809) . Device 1 (EtherCAT) . I/O Devices